

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΟΠΤΟΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ
Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η ΣΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ GROOVE

EMBODIMENT IN GROOVE STUDIES

Φοιτητές
Μπατσής Δημήτριος, ΤΑ : 1195
Πετρινόλης Αγαπητός, ΤΑ : 1239

Επιβλέπουσα καθηγήτρια
Δρ. Πασχαλίδου Παναγιώτα Στυλιανή

Ρέθυμνο, Φεβρουάριος 2026

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την ολοκλήρωση της πτυχιακής μας εργασίας θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας προς την επιβλέπουσα καθηγήτριά μας, κ. Πασχαλίδου Παναγιώτα-Στυλιανή, για τη μετάδοση των πολύτιμων γνώσεών της, τις ιδέες της και την αδιάκοπη υπομονή και στήριξή της καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής της εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλουμε επίσης στον καθηγητή μας, κ. Μποτονάκη Αντώνιο, για την καθοδήγησή του στη σύνθεση του ηχητικού αποσπάσματος, καθώς και στη συμφοιτήτριά μας, Γιαμούζη Αναστασία, για την πρόθυμη βοήθειά της και τη συμβολή της στην κατανόηση των μουσικολογικών εννοιών.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τους συμμετέχοντες Προκοπάκη Αλέξανδρο, Μιναδάκη Ελευθερία, Λάζο Εμμανουήλ, Γιακουμάκη Αντώνιο, Ευαγγέλου Μιχάλη, Δασκαλάκη Νικόλαο, Λασιθιωτάκη Δέσποινα, Λύρα Γεωργία, Νεοφωτίστου Άννα-Μαρία, Παπαδάκη Μάριο και Γερωνυμάκη Σοφία για την πολύτιμη συνεισφορά τους και τη συνεργασία τους στην πραγματοποίηση του πειράματος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ **5**
ABSTRACT **6**
ΕΙΣΑΓΩΓΗ **7**
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ **10**
1.1 - Ορισμός του groove 10
1.2 - Χαρακτηριστικά του groove 12
1.2.1 - Κανονικός ρυθμός και σταθερός παλμός 13
1.2.2 - Υποδιαιρέσεις του Beat 15
1.2.3 - Πολυρυθμία - Διασταυρούμενος ρυθμός 16
1.2.4 - Μικρορυθμός 18
1.2.5 - Συγκοπή 20
1.3 - Προηγούμενες εμπειρικές μελέτες 22
1.4 - Τεχνολογίες και μέθοδοι για τη σύλληψη δεδομένων στο groove 27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΠΕΙΡΑΜΑ **32**
2.1 - Πειραματική Διάταξη 32
2.2 - Εξοπλισμός & Software 33
2.3 - Συμμετέχοντες 33
2.4 - Πειραματική διαδικασία 34
2.5 - Ηχητικά Ερεθίσματα 35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΑΝΑΛΥΣΗ **40**
3.1 - Δημιουργία Δομής Επανάληψης (Loop) 40
3.2 - Οργάνωση αρχείων και αρχική προετοιμασία 41
3.3 - Ρύθμιση παραμέτρων για binarization & Υπολογιμός QoM 42
3.4 - Κανονικοποίηση Τιμών (Normalization) 45
3.5 - Δημιουργία Scatter Plot 45
3.6 - Δημιουργία Raw & Smoothed QoM Plot 46
3.7 - Χρωματισμός Χρονικών Παραθύρων 48
3.8 - Ανάλυση ανά χρονική περιοχή 49
3.9 - Χρονικά Παράθυρα (Time Windows) 49
3.10 - Υπολογισμός STD 50
3.11 - Δημιουργία STD Plot 51
3.12 - Ανάλυση qom_all 52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ **62**
4.1 - QoM ανά Συμμετέχοντα 62
4.2 - Συνολικό QoM 84
4.3 - QoM Μουσικών έναντι Μη-Μουσικών 85
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ **88**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ **91**
(α) Μέγεθος και ποικιλία δείγματος συμμετεχόντων 91
(β) Καταλληλότητα χώρου διεξαγωγής πειράματος 91
(γ) Διάρκεια ηχητικών ερεθισμάτων 92
(δ) Σειρά παρουσίασης ρυθμικών μοτίβων 92
(ε) Ενσωμάτωση μελωδικής γραμμής 92
(στ) Μέθοδος διαχωρισμού σε μουσικούς και μη μουσικούς 93
(ζ) Εισαγωγή πολυρυθμίας και microtiming 94

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το groove αποτελεί μια μουσική εμπειρία η οποία περιγράφει στην ουσία την επιθυμία για κίνηση. Πλήθος ερευνητικών μελετών έχουν εξετάσει τη σχέση μεταξύ ρυθμικής πολυπλοκότητας και κινητικής παρόρμησης ως δείκτη του groove. Συγκεκριμένα, πειραματικά ευρήματα υποστηρίζουν ότι η σχέση μεταξύ (νοητής) επιθυμίας για κίνηση και βαθμού συγκοπής ακολουθεί μια καμπύλη σχήματος ανεστραμμένου U, σύμφωνα με το οποίο αυτή μεγιστοποιείται σε μέτρια επίπεδα συγκοπής και μειώνεται όταν η συγκοπή είναι είτε πολύ χαμηλή είτε υπερβολικά υψηλή. Επιπλέον, μεταγενέστερες πειραματικές μελέτες έχουν δείξει ότι και η μετρήσιμη πραγματική κινητική δραστηριότητα, όπως καταγράφεται με επιταχυνσιόμετρα ή οπτικά συστήματα καταγραφής κίνησης (motion capture) που βασίζονται σε συστοιχίες υπέρυθρων καμερών, ακολουθεί αντίστοιχη συμπεριφορά ως προς το βαθμό συγκοπής, δηλαδή καμπύλη σχήματος ανεστραμμένου U.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία διερευνάται η σχέση μεταξύ πραγματικής κινητικής δραστηριότητας και βαθμού συγκοπής, με έμφαση στη διερεύνηση του προτεινόμενου ανεστραμμένου σχήματος U, ακολουθώντας τη λογική της λιττής καινοτομίας. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε μια απλή web κάμερα για την καταγραφή της κίνησης των ακροατών, η οποία στη συνέχεια ποσοτικοποιήθηκε ως προς το μέγεθος της κίνησης (Quantity of Motion, QoM) μέσω της μεθόδου Frame Differencing. Σε αντίθεση με τα επικρατούντα θεωρητικά μοντέλα, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα μουσικά αποσπάσματα με υψηλό βαθμό συγκοπής προκάλεσαν τη μεγαλύτερη κινητική απόκριση, σε σύγκριση με αποσπάσματα χαμηλής ή μέτριας συγκοπής. Η εργασία ολοκληρώνεται με κριτική ανάλυση των αποτελεσμάτων, εξετάζοντας πιθανούς παράγοντες απόκλισης από τα θεωρητικά αναμενόμενα μοντέλα, όπως η μέθοδος μέτρησης της κινητικής δραστηριότητας, το μέγεθος του δείγματος, η πειραματική διαδικασία.

ABSTRACT

Groove constitutes a musical experience that essentially describes the desire to move. Numerous studies have examined the relationship between rhythmic complexity and the desire to move as a measure of groove. Specifically, experimental findings suggest that the relationship between the (perceived) desire to move and the degree of syncopation follows an inverted U-shaped pattern, according to which the desire to move is maximized at moderate levels of syncopation and decreases when syncopation is either very low or excessively high. Furthermore, subsequent experimental studies have shown that measurable actual motor activity recorded using accelerometers or optical motion capture systems with arrays of infrared cameras exhibits a similar behavior, also following an inverted U-shaped pattern with respect to the degree of syncopation, mirroring the perceived desire to move.

The present thesis investigates the relationship between actual motor activity and the degree of syncopation, with an emphasis on exploring the proposed inverted U-shaped pattern, following the principles of frugal innovation. Specifically, a simple web camera was used to capture listeners' movements, which were then quantified in terms of movement magnitude (Quantity of Motion, QoM) using the Frame Differencing method. Contrary to prevailing theoretical models, the results showed that musical excerpts with a high degree of syncopation elicited the greatest motor response, compared to excerpts with low or moderate syncopation. The thesis concludes with a critical analysis of the results, examining possible factors for deviations from theoretically expected models, such as the method of measuring motor activity, the sample size, the experimental procedure.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το groove είναι μια από τις πιο συναρπαστικές και δύσκολες έννοιες της μουσικής ψυχολογίας. Πρόκειται για μια πολυδιάστατη εμπειρία που γεννιέται από τη δυναμική σχέση ανάμεσα στον ρυθμό, το σώμα και το συναίσθημα, δημιουργώντας μια αίσθηση «παράσυρσης» που κάνει τον ακροατή να θέλει να κινηθεί με τη μουσική. Σύμφωνα με τους Duman et al. (2024), το groove ορίζεται ως μια συμμετοχική εμπειρία που συνδέεται με τη νοητική και συναισθηματική εμπλοκή, τη θετική διάθεση, την κίνηση και την κοινωνική σύνδεση. Αρχικά, ο όρος "groove" χρησιμοποιήθηκε στη μουσική ορολογία για να περιγράψει μια καλή ερμηνεία, ιδιαίτερα στη Jazz, και αργότερα συνδέθηκε με τα χαρακτηριστικά της Funk και της Soul μουσικής της δεκαετίας του 1970 (Bolden, 2013). Σήμερα, η επιστήμη της μουσικής ψυχολογίας αναγνωρίζει το groove ως ένα φαινόμενο, στο οποίο συνυπάρχουν μουσικά, εκτελεστικά και ατομικά στοιχεία. Είναι μια εμπειρία που δεν μπορεί να κατανοηθεί πλήρως με τη λογική ή την ανάλυση, αλλά βιώνεται με το σώμα: μέσα από τη ροή, την τάση για κίνηση και το συναίσθημα. Αυτή η κατάσταση επιτρέπει στον ακροατή να ανταποκρίνεται ευέλικτα, να συγχρονίζεται και ταυτόχρονα να εκφράζεται δημιουργικά, οδηγώντας σε μια εμπειρία όπου το σώμα και ο ήχος βρίσκονται σε συνεχή σύνδεση.

Πλήθος ερευνητών έχει επιχειρήσει να διερευνήσει πώς η μουσική προκαλεί την επιθυμία για κίνηση. Ο Fitch (2016) συνέδεσε το groove με τον χορό, τονίζοντας ότι η σωματική εμπλοκή είναι θεμελιώδης για την κατανόηση της ρυθμικής εμπειρίας. Οι Dotov et al. (2021) προσέθεσαν την κοινωνική διάσταση, δείχνοντας ότι το groove ενισχύει όχι μόνο την ατομική αλλά και τη συλλογική κίνηση. Όταν οι συμμετέχοντες άκουγαν μουσική με πολύπλοκο groove, κινούνταν πιο έντονα και συντονίζονταν καλύτερα μεταξύ τους, ειδικά όταν μπορούσαν να βλέπουν ο ένας τον άλλον. Αυτό αποδεικνύει ότι το groove είναι και κοινωνικό φαινόμενο, που συνδέει τους ανθρώπους μέσα από κοινό ρυθμό και συναισθηματική ενέργεια. Οι Matthews et al. (2019) έδειξαν ακόμη ότι τόσο η ρυθμική όσο και η αρμονική πολυπλοκότητα συμβάλλουν στην εμπειρία του groove, αλλά με διαφορετικούς τρόπους: ο ρυθμός καθοδηγεί την κίνηση, ενώ η αρμονία διαμορφώνει τη συναισθηματική αξία.

Συνεπώς, οι κατά καιρούς μελέτες έχουν οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι η αίσθηση του groove δεν είναι αποτέλεσμα ενός μόνο παράγοντα, αλλά ενός πολύπλοκου συνδυασμού μουσικών χαρακτηριστικών που λειτουργούν συντονισμένα με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται ισορροπία ανάμεσα στην προβλεψιμότητα και την έκπληξη, προκαλώντας ευχαρίστηση και κινητική ανταπόκριση. Αυτά τα χαρακτηριστικά σύμφωνα με τους Câmara & Danielsen (2015) είναι ο κανονικός ρυθμός και σταθερός παλμός, οι

υποδιαιρέσεις του beat, η πολυρυθμία[1] και διασταυρούμενος ρυθμός (cross-rhythm)[2] και η συγκοπή.

Η συγκοπή είναι ίσως το πιο καθοριστικό στοιχείο του groove. Οι Witek et al. (2014) απέδειξαν ότι τα μέτρια επίπεδα συγκοπής προκαλούν τη μεγαλύτερη επιθυμία για κίνηση, σχηματίζοντας μια καμπύλη σε σχήμα ανεστραμμένου U. Στα αποτελέσματα των πειραμάτων τους διαπίστωσαν ότι οι ακροατές νιώθουν την εντονότερη ευχαρίστηση και κινητική παρόρμηση σε μουσικά αποσπάσματα με μέτρια συγκοπή. Αυτά τα αποτελέσματα όμως προέκυψαν από υποκειμενικές αξιολογίσεις, όπως ερωτηματολόγια ή κλίμακες ευχαρίστησης. Για το σκοπό αυτό, η μελέτη αυτή επεκτάθηκε στη συνέχεια στη διερεύνηση της σχέσης του groove με την πραγματική κινητική δραστηριότητα, η οποία απαιτεί αντικειμενική ποσοτικοποίηση της έντασης της κίνησης. Παρ' ότι έχει χρησιμοποιηθεί πληθώρα τεχνικών και τεχνολογιών για αυτό το σκοπό, όπως αισθητήρες επιτάχυνσης, στην παρούσα εργασία δίνουμε έμφαση στη λογική της λιτής καινοτομίας, η οποία παρέχει τη δυνατότητα εύκολης και οικονομικά προσιτής εκπόνησης τέτοιων πειραμάτων. Συγκεκριμένα, βασιζόμαστε στη χρήση μιας απλής web κάμερας για την καταγραφή της κίνησης των συμμετεχόντων και στην ποσοτικοποίηση της έντασης της κίνησης μέσω βασικών τεχνικών υπολογιστικής όρασης (Frame Differencing) για τον υπολογισμό του δείκτη 'μέγεθος κίνησης' (Camurri et. al (2003).

Στο πλαίσιο της παρούσας πτυχιακής εργασίας, πραγματοποιήθηκε πείραμα στο οποίο οι συμμετέχοντες εκτέθηκαν σε αποσπάσματα μουσικής με 5 διαφορετικά επίπεδα ρυθμικής πολυπλοκότητας σε αντίθεση με τα 50 της βιβλιογραφίας (Witek et. al 2014). Οι αντιδράσεις των συμμετεχόντων καταγράφηκαν με βίντεο και η κινητική τους δραστηριότητα ποσοτικοποιήθηκε βάσει του δείκτη Quantity of Motion (QoM) μέσω της τεχνικής Frame Differencing. Κάθε συμμετέχων άκουσε διαδοχικά τα διαφορετικά ρυθμικά μοτίβα σχεδιασμένα ώστε να διαφέρουν μόνο ως προς τον βαθμό συγκοπής, και συγκεκριμένα πρώτα το σταθερό ρυθμικό μοτίβο (με tempo στα 110 bpm) και στη συνέχεια όλα τα υπόλοιπα, με ένα σταδιακά αυξανόμενο επίπεδο συγκοπής. Ο στόχος ήταν να διαπιστωθεί το κατά πόσον αλλά και πώς προσαρμόζεται η κινητική απόκριση των συμμετεχόντων στην εκάστοτε ρυθμική πολυπλοκότητα.

Η πτυχιακή οργανώνεται σε έξι βασικά κεφάλαια. Στο Κεφάλαιο 1 παρουσιάζεται η θεωρητική βάση του groove, με τον ορισμό του, τα κύρια ρυθμικά χαρακτηριστικά του, ανασκόπηση σε προηγούμενες εμπειρικές μελέτες και στις τεχνολογίες και μεθόδους για τη σύλληψη δεδομένων σχετικά με το groove. Το Κεφάλαιο 2 περιγράφει το πείραμα: διάταξη, εξοπλισμό, συμμετέχοντες και διαδικασία. Το Κεφάλαιο 3 παρουσιάζει την ανάλυση δεδομένων βάσει τεχνικών υπολογιστικής όρασης (Frame Differencing) και υπολογισμού του μεγέθους Quantity of Motion στο περιβάλλον του λογισμικού Matlab.

[1] Πολυρυθμία (polyrhythm) είναι ένας σύνθετος μουσικός ρυθμός όπου δύο ή περισσότερα ρυθμικά μοτίβα παίζονται ταυτόχρονα.(Cambridge Dictionary)

[2] Ο διασταυρούμενος ρυθμός (cross-rhythm) είναι η ταυτόχρονη χρήση αντιθετικών ρυθμικών μοτίβων. (Merriam Webster Dictionary)

Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και η ερμηνεία τους. Στο Κεφάλαιο 5 γίνεται αναλυτική αναφορά στα συμπεράσματα, ενώ στο Κεφάλαιο 6 προτείνονται πιθανές μελλοντικές επεκτάσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 - Ορισμός του groove

Σύμφωνα με τους Duman et al. (2024, p. 93), ένας σύγχρονος ορισμός του groove διατυπώνεται στο πεδίο της μουσικής ψυχολογίας, όπου το groove παρουσιάζεται ως «μια συμμετοχική εμπειρία (που σχετίζεται με την πνευματική-διανοητική σύνδεση, την κίνηση, τη θετική επίδραση και την κοινωνική σύνδεση) που προκύπτει από τη λεπτή αλληλεπίδραση συγκεκριμένων μουσικών (όπως χαρακτηριστικά που σχετίζονται με το χρόνο και το τονικό ύψος), εκτελεστικών ή και ατομικών παραγόντων». Η ιστορία του groove είναι πολύπλευρη, αφού αρχικά δεν ήταν μουσικός όρος και σταδιακά εξελίχθηκε για να δηλώσει διάφορες έννοιες σε διαφορετικές μουσικές εποχές και πλαίσια, από το να συνδέεται με μια «καλή απόδοση» στην Jazz μέχρι ένα χαρακτηριστικό της Funk και της Soul μουσικής στη δεκαετία του 1970 (Bolden, 2013). Η μελέτη του groove είναι σημαντική επειδή αντιπροσωπεύει μια σημαντική αλλά ανεξερεύνητη πτυχή της μουσικής εμπειρίας. Η κατανόηση του groove μπορεί να οδηγήσει σε γνώσεις σχετικά με το πώς η μουσική επηρεάζει τα συναισθήματα, τις συμπεριφορές και τις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις των ακροατών. Οι Duman et al. (2024) υποστηρίζουν ότι η βελτιωμένη κατανόηση του groove θα μπορούσε να διευρύνει ποικίλους ερευνητικούς ορίζοντες, εμπλουτίζοντας τελικά τον τομέα της μουσικής ψυχολογίας και παρέχοντας μια πιο διαφοροποιημένη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η μουσική εμπλέκει τους ακροατές τόσο σε σωματικό όσο και σε ψυχολογικό και διανοητικό επίπεδο. Αυτή η διερεύνηση μπορεί επίσης να αποκαλύψει τους ρόλους των ατομικών προτιμήσεων και των κοινωνικών πλαισίων στη διαμόρφωση της groove εμπειρίας του ατόμου. Ο τρόπος με τον οποίον οι Duman et al. (2024) κατέληξαν σε αυτόν τον σύγχρονο ορισμό του groove είναι μέσα από μια προηγούμενη έρευνα των ίδιων: οι Duman et al. (2022) διερεύνησαν την έννοια του groove εστιάζοντας στον ορισμό του και συγκεντρώνοντας ορισμούς από 105 συμμετέχοντες με διαφορετικό υπόβαθρο και μουσική κατάρτιση. Χρησιμοποιώντας επαγωγική θεματική ανάλυση, τελικά εντόπισαν τρεις κύριες πτυχές του groove:

1. παράγοντες που σχετίζονται με τη μουσική (όπως ο συγχρονισμός και το τονικό ύψος),
2. στοιχεία που βασίζονται στην εμπειρία (όπως η πνευματική σύνδεση, η κίνηση, η απόλαυση και η κοινωνική σύνδεση) και
3. ατομικές διαφορές (όπως η προσωπικότητα και η εξειδίκευση).

Τελικά, το groove στην έρευνά τους ορίστηκε ως μια συμμετοχική εμπειρία που διαμορφώνεται από την αλληλεπίδραση μεταξύ αυτών των τριών πτυχών. Ενδιαφέρον είναι ότι η μελέτη αυτή διέκρινε επίσης μεταξύ του «αντιληπτού groove» (που βασίζεται σε καθαρά μουσικά χαρακτηριστικά) και του «επαγόμενου groove» (πρόκειται κυρίως

για τις επιδράσεις της μουσικής εμπειρίας στον ακροατή), μια διάκριση που τονίζει περαιτέρω την πολυπλοκότητα της προσπάθειας ορισμού του groove. Έτσι, οι Duman et al. (2022) πρότειναν ότι το groove αναδύεται από τη δυναμική σχέση μεταξύ εκτελεστών, μουσικών στοιχείων και ακροατών, τόσο ατομικά όσο και κοινωνικά, απαιτώντας διεπιστημονική έρευνα σε επίπεδο μουσικής εκτέλεσης, ψυχολογίας και διερεύνησης του συναισθήματος για βαθύτερη κατανόηση. Υπάρχει, λοιπόν, μεγάλη δυσκολία στον προσδιορισμό της φύσης του groove, και αυτό ισχύει εξαιτίας της βαθιάς υποκειμενικότητας που περιγράφει την εμπειρία αυτή.

Αναλυτικότερα, το groove είναι υποκειμενικό επειδή είναι ένα βαθιά προσωπικό και βιωματικό φαινόμενο, δηλαδή γίνεται αισθητό και όχι διανοητικά κατανοητό, αναδυόμενο από την αλληλεπίδραση του ακροατή με τη μουσική μέσω της κίνησης, του συναισθήματος και της αντίληψης. Ο Feld το περιγράφει ως μια «διαισθητική αίσθηση του συναισθήματος», ενώ ο Roholt τονίζει ότι το να «καταλάβεις» το groove σημαίνει να το αισθανθείς παρά να το αναλύσεις εννοιολογικά (αναφέρεται στο Hosken, 2020). Η φαινομενολογική προσέγγιση της έννοιας του groove από τον Hosken, (2020) αποκαλύπτει ότι πράγματι οι εμπειρίες groove διαφέρουν μεταξύ των ατόμων, διαμορφωμένες από μοναδικά πλαίσια, αναμνήσεις, ακόμη και σωματικές αντιδράσεις. Αυτή η ποικιλομορφία υπογραμμίζει την υποκειμενική φύση του groove ως μια δυναμική αλληλεπίδραση με τη μουσική, από την άλλη όμως τονίζει την βιωματική διάσταση του groove.

Αναφορικά με την κινητική διάσταση της εμπειρίας αυτής, το groove αναδύεται από τη μετασταθερότητα, επιτρέποντας την ευέλικτη σωματική αλληλεπίδραση με τη μουσική. Οι ρυθμοί με μέτρια επίπεδα συγκοπής, όπως αυτοί που συναντώνται στο groove, δημιουργούν μια επιλογή στην προσαρμογή της κίνησης, προσκαλώντας τους ακροατές να εξερευνήσουν διαφορετικές κινητικές αντιδράσεις για να συγχρονιστούν με τον ρυθμό. Αυτή η ευελιξία υποστηρίζει δημιουργικές επιλογές κίνησης και ενισχύει τη μουσική απόλαυση. Υπό το πρίσμα αυτό, το groove παρουσιάζεται ως μια μετασταθής κατάσταση, δηλαδή μια δυναμική ισορροπία μεταξύ σταθερότητας και αστάθειας, που προάγει καινοτόμες, προσαρμοστικές και εκφραστικές σωματικές αντιδράσεις στη μουσική (Nijs et al., 2024).

Έχοντας πλέον ουσιαστικά εκθέσει την πολύπλοκη διάσταση του groove ως μια συμμετοχική και ενσώματη εμπειρίας που διαμορφώνεται από την αλληλεπίδραση μουσικών, εκτελεστικών και ατομικών παραγόντων, παρακάτω ακολουθεί η ανάλυση των κύριων μουσικών χαρακτηριστικών που συμβάλλουν στη δημιουργία του.

1.2 - Χαρακτηριστικά του groove

Η αντίληψη του ρυθμού επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την ανθρώπινη κίνηση, δημιουργώντας μια παρόρμηση, μια παράσυρση σε συγχρονισμό των σωματικών ενεργειών με τη μουσική. Το groove ορίζεται ως η επιτακτική ανάγκη για κίνηση με τη μουσική και η ευχαρίστηση που προκύπτει από τον συγχρονισμό των αισθήσεων και των

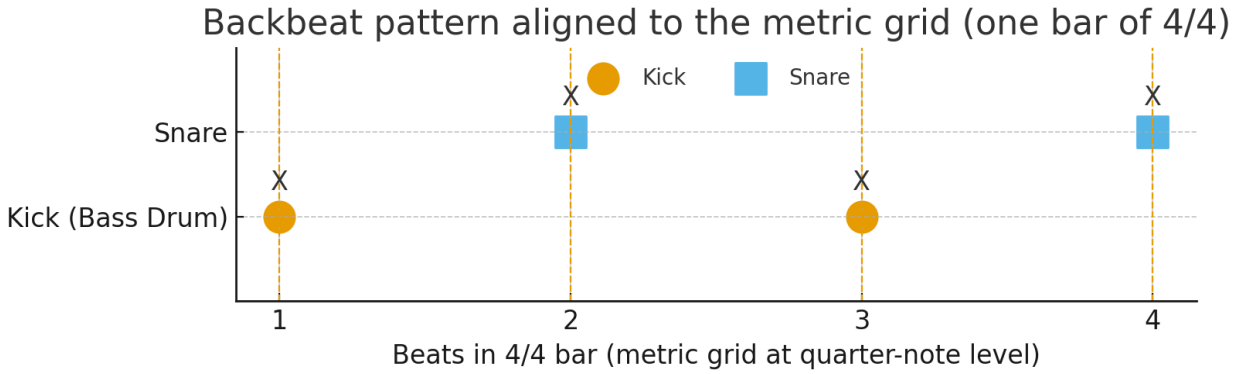
κινήσεων του σώματος ενσαρκώνει αυτή τη σύνδεση. Προκύπτει από χρονικές ιδιότητες όπως ο παλμός, το τέμπο και τα ρυθμικά μοτίβα, τα οποία εμπλέκουν το αισθητικοκινητικό σύστημα και προκαλούν αυθόρμητες, συχνά ασυνείδητες, σωματικές κινήσεις όπως το χτύπημα, το λίκνισμα ή ο χορός. Το groove συνδέεται στενά με τη δύναμη του παλμού, το τέμπο και τη ρυθμική πολυπλοκότητα, η οποία μπορεί να δομηθεί μέσω της συγκοπής και των εκφραστικών χρονικών αποκλίσεων που ενισχύουν την προγνωστική εμπλοκή με το ρυθμό. Τα ρυθμικά αυτά χαρακτηριστικά ενισχύουν τη σύνδεση μεταξύ αντίληψης και κίνησης, οδηγώντας σε συγχρονισμένες σωματικές αποκρίσεις με τον ρυθμό της μουσικής. Επιπλέον, οι ιδιοσυγκρασιακές διαφορές στην αντίληψη και στην εξοικείωση με τον ρυθμό επηρεάζουν την ένταση και τον τρόπο με τον οποίο βιώνεται η κινητική εμπειρία του groove.

Η Witek (2009) περιγράφει το groove ως ένα στοιχείο που προσκαλεί σε έναν μοναδικό τρόπο ακρόασης, που εξισορροπεί την προβλεψιμότητα με στιγμές έκπληξης, ενισχύοντας τις συναισθηματικές και φυσιολογικές αντιδράσεις στη μουσική. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω ορισμένων βασικών χαρακτηριστικών: το groove περιγράφεται ως ένα σύνθετο, πολυεπίπεδο μοτίβο που περιλαμβάνει ρυθμικά και ηχητικά στοιχεία, το οποίο συνήθως επαναλαμβάνεται σε όλο το κομμάτι. Αυτή η επαναλαμβανόμενη δομή ενισχύει την αίσθηση της προσμονής και ενθαρρύνει τους ακροατές να «μπουν στο groove», δημιουργώντας έναν νοητικό συγχρονισμό με τη μουσική. Το microtiming, κατά το οποίο οι ρυθμικές πινελιές μετατοπίζονται διακριτικά (θα μπορούσε να σχολιαστεί ότι ο μικρορυθμός είναι για τη ρυθμική δομή ό,τι ακριβώς είναι για την αρμονική δομή μια επέρειση ή μία καθυστέρηση με τη χρήση ξένων φθόγγων), ενισχύει την εκφραστικότητα και την ένταση μέσα στο groove, συμβάλλοντας στη συνολική εμπειρία ακρόασης. Επιπλέον, οι μεγάλης κλίμακας παραλλαγές, όπως τα ορχηστρικά διαλείμματα, οι παύσεις ή η σταδιακή διαστρωμάτωση των μελωδικών υφών, χρησιμεύουν για τη δημιουργία δομικής έντασης και προσμονής. Αυτή η αλληλεπίδραση μεταξύ επανάληψης και παραλλαγής είναι τελικά που επιτρέπει μια δυναμική εμπειρία ακρόασης, κατά την οποία οι ακροατές εμπλέκονται τόσο γνωστικά όσο και σωματικά, οδηγώντας συχνά στην επιθυμία να χορέψουν. Σε όλα τα παραπάνω φαίνεται πως η αίσθηση groove μπορεί να δημιουργηθεί με μικροεπεμβάσεις σε οποιοδήποτε από τα διάφορα δομικά στοιχεία της μουσικής, σε αρμονικό επίπεδο (τονικότητες, μελωδία, αρμονία), σε ρυθμικό και μετρικό επίπεδο, ακόμη και σε επίπεδο μορφολογίας. Καθώς ο ρυθμός δείχνει να διαδραματίζει κομβικό ρόλο στην αίσθηση του groove, παρακάτω αναλύονται ορισμένες συνήθεις παραλλαγές στο ρυθμό και η σύνδεση του groove με αυτές.

1.2.1 - Κανονικός ρυθμός και σταθερός παλμός

Σύμφωνα με τους Câmara & Danielsen (2015), η έννοια του παλμού ή του κανονικού ρυθμού είναι θεμελιώδης για την κατανόηση του groove στη μουσική. Το groove

εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ύπαρξη ενός σταθερού ρυθμού, που συχνά αναφέρεται ως «παλμός» (pulse ή tactus). Αυτός ο παλμός χρησιμεύει ως καθοδηγητικό στοιχείο για χορευτές και μουσικούς, διευκολύνοντας τον συγχρονισμό με τη μουσική. Χωρίς έναν σταθερό ρυθμό, η ουσία του groove μειώνεται σημαντικά, καθώς καθίσταται δύσκολο για τους ακροατές να αισθανθούν τη ρυθμική ώθηση που είναι απαραίτητη για την κίνηση και την εμπλοκή. Σε πολλά στυλ που βασίζονται στο groove, ο παλμός συνήθως αρθρώνεται από εξέχοντα όργανα, όπως το μπάσο τύμπανο ή το snare, τα οποία δίνουν έμφαση σε συγκεκριμένες θέσεις του παλμού (ένα παράδειγμα φαίνεται στην Εικόνα 1). Αυτή η κανονικότητα είναι ζωτικής σημασίας, διότι επιτρέπει στους ακροατές να συμπαρασύρουν ή να συγχρονίσουν αποτελεσματικά τις κινήσεις τους με τη μουσική. Ακόμη και όταν το ρυθμικό μοτίβο διαθέτει πολύπλοκες υποδιαιρέσεις ή συγχρονισμούς, ο υποκείμενος παλμός παραμένει σταθερό σημείο αναφοράς. Επιπλέον, η αντίληψη του groove μπορεί να επηρεαστεί από τον τρόπο με τον οποίο οι μουσικοί ερμηνεύουν και αρθρώνουν αυτόν τον παλμό. Οι παραλλαγές στον συγχρονισμό, όπως οι μικρές καθυστερήσεις ή οι προβλέψεις στην τοποθέτηση των νοτών σε σχέση με τον παλμό, συμβάλλουν στη συνολική αίσθηση του groove, καθιστώντας το δυναμικό και ελκυστικό. Άρα, ο παλμός δεν είναι μόνο ένα δομικό στοιχείο αλλά και ένα ζωτικό συστατικό για την πρόκληση της ευχάριστης εμπειρίας που συνδέεται με το groove.



Εικόνα 1 - Απεικόνιση του σταθερού ρυθμού σε μορφή backbeat pattern σε 4/4 με τα ηχητικά γεγονότα του kick να τοποθετούνται στους χτύπους 1 και 3 και του snare στους 2 και 4, ευθυγραμμισμένα με το μετρικό πλέγμα (σχεδιασμός βάσει των Câmara & Danielsen, 2015).

Ο Kawase (2024) εξηγεί ότι τα ρυθμικά χαρακτηριστικά, συμπεριλαμβανομένου του κανονικού ρυθμού και της ύπαρξης ενός σταθερού παλμού, παίζουν καθοριστικό ρόλο στην πρόκληση του groove και στην παρόρμηση για κίνηση ως απάντηση στη μουσική και ότι συγκεκριμένα ρυθμικά μοτίβα, όπως τα διαλείμματα τυμπάνων με μέτρια συγκοπή, ενισχύουν την αίσθηση του groove. Ακόμη, προσθέτει ότι η αλληλεπίδραση μεταξύ της ρυθμικής σαφήνειας και των συναισθηματικών χαρακτηριστικών της μουσικής, όπως η ευτυχία ή η θλίψη, επηρεάζει την αντίληψη του groove.

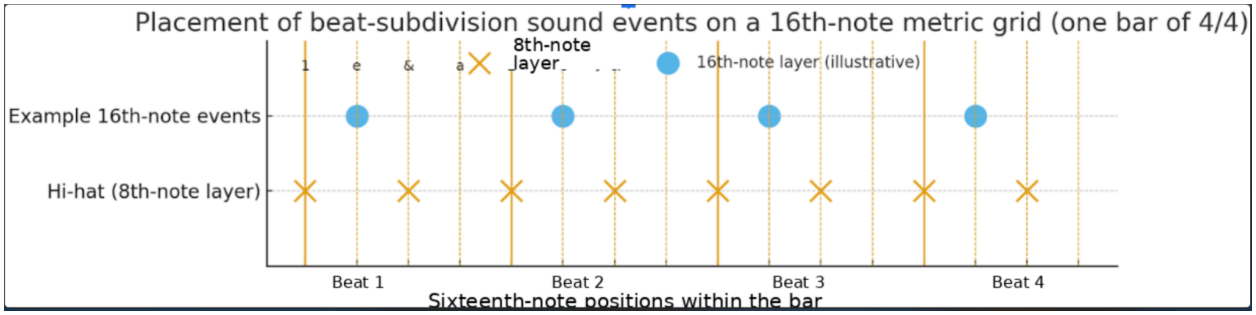
Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τον Kawase (2024), υπάρχουν δεδομένες ακολουθίες συγχορδιών που επηρεάζουν σημαντικά την συναισθηματική εμπειρία των ακροατών στο πλαίσιο του groove. Η μελέτη του χρησιμοποίησε τέσσερις τύπους ακολουθιών συγχορδιών πιάνου που κυμαίνονταν από χαρούμενα έως θλιβερά συναισθήματα: E + (C1), D + (C2), A - (C3) και C - (C4). Οι δύο μείζονες συγχορδίες συσχετίστηκαν με την ευτυχία και προκάλεσαν υψηλότερες βαθμολογίες groove, ενώ οι δύο ελάσσονες συγχορδίες συνδέθηκαν με τη θλίψη και οδήγησαν σε χαμηλότερες βαθμολογίες αναφοράς groove. Αυτή η συναισθηματική αξία, που ορίζεται με την αφαίρεση των βαθμολογιών θλίψης από τις βαθμολογίες ευτυχίας, έδειξε ότι οι χαρούμενες συγχορδίες είχαν θετική αξία και προκάλεσαν μια ισχυρότερη επιθυμία για κίνηση, η οποία είναι κεντρική στην εμπειρία του groove. Η έρευνα αυτή υποδηλώνει ότι οι μείζονες συγχορδίες, που προκαλούν ευτυχία, προκαλούν υψηλότερα επίπεδα διέγερσης που μπορεί να ενισχύσουν την αντίληψη του groove. Αυτή η σχέση ενδεχομένως περιλαμβάνει μηχανισμούς όπως αυξημένη διέγερση, καταστάσεις ροής και ενεργοποίηση του συστήματος ανταμοιβής του εγκεφάλου, που όλα συνδέονται με θετικά συναισθήματα και κίνητρα κίνησης. Αντίθετα, οι μελαγχολικές συγχορδίες σε ελάσσονες κλίμακες καταστέλλουν το groove φέροντας "αρνητική" αξία ως προς τον παράγοντα του συστήματος ανταμοιβών. Είναι σημαντικό, επίσης, να σημειωθεί ότι αυτές οι συναισθηματικές επιδράσεις των συγχορδιών στο groove ήταν ανεξάρτητες από ρυθμικούς παράγοντες όπως το τέμπο και η συγχρονία, υποδηλώνοντας ότι η αρμονία συμβάλλει με μοναδικό τρόπο στην ενσώματη εμπειρία του groove. Αν και η μελέτη του Kawase (2024) εστιάζει κυρίως στην αρμονική ακολουθία με την εναλλαγή των συγχορδιών, τονίζει ότι τα ρυθμικά στοιχεία και οι παραλλαγές που πραγματοποιούνται σε έναν κεντρικό άξονα σταθερότητας επηρεάζουν σημαντικά τη συνολική εμπειρία του groove, υποδηλώνοντας ότι τόσο ο ρυθμός όσο και το συναισθηματικό περιεχόμενο είναι ζωτικής σημασίας για την πρόκληση εμπειρίας groove.

Η Witek (2009) συμφωνεί με τις παραπάνω παρατηρήσεις, αναλύοντας ότι ο κανονικός ρυθμός είναι ζωτικής σημασίας για την κατανόηση του groove, καθώς διευκολύνει τα επαναλαμβανόμενα μοτίβα που δημιουργούν μια αίσθηση προσμονής και συγχρονισμού με τη μουσική. Αυτή η επαναληψιμότητα, όπως εξηγεί, είναι ο παράγοντας που επιτρέπει στους ακροατές να νιώσουν το groove, ενισχύοντας την εμπειρία τους με την προώθηση μιας συνεχούς ροής και όχι μιας στατικής κατάστασης. Αυτή η αίσθηση της συνεχούς ροής και ο συγχρονισμός με τις παρεκκλίσεις είναι ενδεχομένως αυτό που στο Cameron et al. (2019) αναφέρεται ως παράσυρση (Entrainment). Ο όρος αυτός αναφέρεται στον συγχρονισμό ή τη φάση κλειδώματος των νευρικών ταλαντώσεων στον εγκέφαλο με τις χρονικές κανονικότητες των εξωτερικών ακουστικών ερεθισμάτων, όπως οι μουσικοί ρυθμοί. Συγκεκριμένα, η νευρική σύζευξη μετράται με τη διαδοχική συνοχή φάσης (ITPC), η οποία ποσοτικοποιεί τη συνέπεια των εγκεφαλικών αποκρίσεων κατά την επαναλαμβανόμενη παρουσίαση ρυθμικών ερεθισμάτων. Αυτός ο συγχρονισμός

συμβαίνει κυρίως στη ζώνη συχνοτήτων Δέλτα (δηλαδή στα 1–4 Hz), η οποία ευθυγραμμίζεται με τον αντιληπτό ρυθμό και τη μετρική δομή της μουσικής, υποστηρίζοντας την χρονική αντίληψη και τον συντονισμό των κινήσεων. Η έρευνα των Cameron et al. (2019) διαπίστωσε ότι η νευρική σύζευξη ήταν ισχυρότερη για μηχανικά ακριβείς ρυθμούς σε σύγκριση με τους ρυθμούς που εκτελούνται από τον άνθρωπο, πιθανώς λόγω της υψηλότερης χρονικής κανονικότητας των μηχανικών ερεθισμάτων. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η νευρική σύζευξη συσχετίστηκε θετικά με τις υποκειμενικές αξιολογήσεις του groove μόνο για τους εκτελούμενους ρυθμούς, και όχι για τους μηχανικούς. Σε κάθε περίπτωση, φαίνεται πως το groove δεν εξαρτάται αποκλειστικά από την κανονικότητα των ερεθισμάτων, αλλά και από γνωστικές και αντιληπτικές διαδικασίες υψηλότερου επιπέδου που εμπλέκουν μηχανισμούς προσοχής και πρόβλεψης. Η φυσική χρονική μεταβλητότητα των εκτελούμενων ρυθμών μπορεί να ενισχύσει τη νευρική σύζευξη αυξάνοντας την εμπλοκή και την προσοχή του ακροατή, ενισχύοντας έτσι την εμπειρία του groove.

1.2.2 - Υποδιαιρέσεις του Beat

Οι Câmara & Danielsen (2015) εξέτασαν επίσης τον κρίσιμο ρόλο των υποδιαιρέσεων του ρυθμού στη δημιουργία αίσθησης groove (Εικόνα 2). Ενώ ένας σταθερός παλμός ή ένας κανονικός ρυθμός είναι απαραίτητο στοιχείο, οι απλοί ισόχρονοι παλμοί από μόνοι τους δεν αρκούν για τη δημιουργία μιας συναρπαστικής ρυθμικής εμπειρίας. Η παρουσία ηχητικών γεγονότων που λειτουργούν σε ταχύτερα μετρικά επίπεδα, όπως οι νότες των ογδόων ή των δεκάτων έκτων, είναι ζωτικής σημασίας για τη δομική ακεραιότητα των περισσότερων στυλ groove. Αυτές οι υποδιαιρέσεις προσδίδουν μια αίσθηση «κίνησης» ή «κινητικής ενέργειας» στη μουσική, ενισχύοντας τη συνολική εμπειρία του groove.



Εικόνα 2 - Τοποθέτηση ηχητικών γεγονότων σε επίπεδο υποδιαιρέσεων (όγδοα/δέκατα έκτα) πάνω στο μετρικό πλέγμα ενός μέτρου 4/4 (σχεδιασμός βάσει των Câmara & Danielsen, 2015)

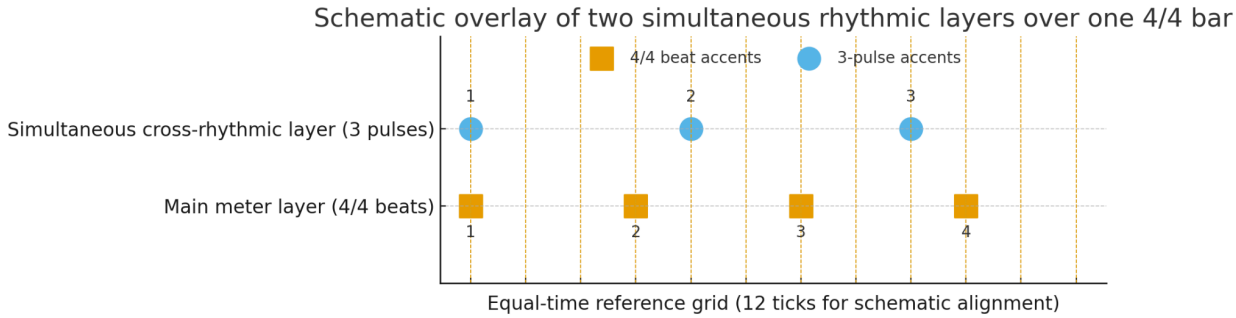
Ειδικότερα, σημειώνεται ότι τα διάφορα είδη μπορεί να διαφέρουν ως προς την πυκνότητα και την εφαρμογή αυτών των υποδιαιρέσεων. Για παράδειγμα, τα κλασικά

στυλ Soul και R&B μπορεί να χρησιμοποιούν λιγότερα δέκατα έκτα σε σύγκριση με τη funk και τη disco, που συχνά χρησιμοποιούν τέτοια ρυθμικά στοιχεία πιο έντονα. Επιπλέον, η αλληλεπίδραση μεταξύ on-beat και off-beat γεγονότων μπορεί να δημιουργήσει μια αίσθηση swing, τονίζοντας περαιτέρω το groove. Η ακριβής τοποθέτηση και άρθρωση αυτών των υποδιαιρέσεων μπορεί να οδηγήσει σε διακριτές ρυθμικές εντάσεις, συμβάλλοντας στο δυναμικό χαρακτήρα του groove. Αυτή η πολύπλοκη αλληλεπίδραση των υποδιαιρέσεων εμπλουτίζει την εμπλοκή του ακροατή και μπορεί να προκαλέσει μια φυσική απόκριση στη μουσική, υπογραμμίζοντας τη σημασία της υποδιαίρεσης στα μουσικά στυλ που βασίζονται στο groove. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα σχετικών υποδιαιρέσεων με ρυθμικές επεξεργασίες που παρεμβάλλονται στην κανονικότητα και ενισχύουν την αίσθηση groove είναι τα γεμίσματα με τα drums (drum fills), όταν αυτά ευθυγραμμίζονται με τον υποκείμενο ισοχρονικό παλμό. Άρα, αυτές οι ρυθμικές προσθήκες δεν είναι αυθαίρετες, αλλά είναι αποτελεσματικές μόνο όταν διατηρούν την προβλεψιμότητα και την κανονικότητα του ρυθμού. Το groove άλλωστε εξαρτάται από αυτή τη σταθερή χρονική βάση, που επιτρέπει στους ακροατές να προβλέπουν και να συγχρονίζονται με τη μουσική, επομένως, οι διακοσμητικές πινελιές πρέπει να είναι προσεκτικά χρονομετρημένες, συνήθως τοποθετημένες μεταξύ των χτυπημάτων χρησιμοποιώντας υποδιαιρέσεις του παλμού. Αυτή η τοποθέτηση υποστηρίζει το groove προσθέτοντας πολυπλοκότητα χωρίς να διαταράσσει την ικανότητα του ακροατή να συγχρονιστεί με το ρυθμό. Οι Merker et al. (2009) συγκρίνουν τις ρυθμικές υποδιαιρέσεις με αυτόν τον τρόπο με ένα είδος μουσικού διαγωνισμού, όπου οι εκτελεστές εκφράζουν την ατομικότητά τους, συμβάλλοντας παράλληλα στον συλλογικό παλμό. Τέτοιες εκφραστικές λεπτομέρειες, όπως τα drum fills, εντείνουν την εμπλοκή και την κίνηση, αλλά η αποτελεσματικότητά τους εξαρτάται από την ενίσχυση και όχι από τη διακοπή της ρυθμικής δομής. Με αυτόν τον τρόπο, το groove γίνεται τόσο ένα κοινό πλαίσιο όσο και ένας χώρος για δημιουργική ρυθμική εξερεύνηση.

1.2.3 - Πολυρυθμία - Διασταυρούμενος ρυθμός

Οι Câmara & Danielsen (2015) επίσης εξετάζουν μια άλλη παραλλαγή, αυτήν της πολυρυθμίας (βλέπε εικόνα 3) ως σημαντικό χαρακτηριστικό της μουσικής που δημιουργεί την αίσθηση του groove, τονίζοντας ιδιαίτερα το ρόλο του διασταυρούμενου ρυθμού στη δημιουργία ρυθμικής πολυπλοκότητας και έντασης χωρίς να υπονομεύεται ο θεμελιώδης παλμός. Οι διασταυρούμενοι ρυθμοί αναδύονται όταν τα συγκοπτικά γεγονότα συμβαίνουν συστηματικά με προβλέψιμο τρόπο, μετατρέποντάς τα από απλές διαταραχές του ρυθμού σε χαρακτηριστικά ρυθμικά σχήματα που τονίζουν κομβικά σημεία μέσα στο groove. Αυτή η συστηματική επανάληψη των συγκοπών εισάγει τάσεις προς τον διασταυρούμενο ρυθμό, όπου τα επικαλυπτόμενα ρυθμικά ρεύματα παρουσιάζουν μη ακέραια πολλαπλάσια περιοδικότητας, δημιουργώντας ένα πλούσιο, δομημένο ρυθμικό τοπίο. Στο πλαίσιο του groove, τα “αντιρυθμικά” αυτά μοτίβα δεν προκαλούν τον κύριο παλμό. Αντίθετα, συνυπάρχουν μαζί του, ενισχύοντας τελικά τη

δυναμική ποιότητα του groove. Για παράδειγμα, σε είδη όπως το funk, η πολυρυθμία συχνά αποτελείται από στρώματα που τονίζουν διακριτικά θέσεις εκτός ρυθμού, συμβάλλοντας σε μια αίσθηση ρυθμικής ασάφειας. Αυτή η ασάφεια προσκαλεί τους ακροατές να ασχοληθούν βαθύτερα σε πνευματικό και διανοητικό επίπεδο με τη μουσική, καθώς αντιλαμβάνονται ταυτόχρονα πολλαπλές πιθανές ρυθμικές ερμηνείες. Έτσι, η σύνδεση μεταξύ πολυρυθμίας και groove έγκειται στον τρόπο με τον οποίο οι διασταυρούμενοι ρυθμοί εμπλουτίζουν την εμπειρία του groove, προσθέτοντας στρώματα πολυπλοκότητας που προσκαλούν σε ενεργή ακρόαση και συμμετοχή. Αυτή η αλληλεπίδραση ενισχύει τη συνολική αισθητική και σωματική εμπλοκή του ακροατή, καθιστώντας το groove πιο συναρπαστικό και απολαυστικό.



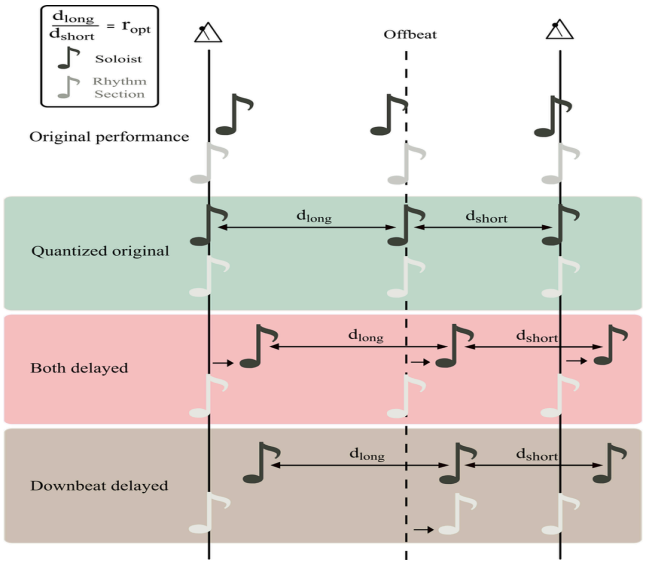
Εικόνα 3 - Απεικόνιση πολυρυθμίας 2 ταυτόχρονων ρυθμών. Συνδυασμός ρυθμού 4:4 με ρυθμό 3:4 (σχεδιασμός βάσει των Câmara & Danielsen, 2015*)*

Οι Sioros et al. (2022) παρουσιάζουν την ίδια εξήγηση, ότι οι διασταυρούμενοι ρυθμοί ενισχύουν σημαντικά την αίσθηση του groove στη μουσική εισάγοντας εναλλακτικά ρυθμικά μοτίβα που προκαλούν το ενδιαφέρον των ακροατών χωρίς να διαταράξουν το καθιερωμένο μέτρο. Παραθέτουν μάλιστα χαρακτηριστικά παραδείγματα πολυρυθμίας: μια τέτοια αίσθηση προκύπτει από την επικάλυψη ρυθμών με μη ακέραιες περιοδικές σχέσεις, όπως 3:4, 2:3 ή 4:3, που συχνά συνδέονται με τα δυτικοαφρικανικά τύμπανα και τις αφρικανικές διασπορικές παραδόσεις. Αυτά τα μοτίβα δημιουργούν ανταγωνιστικούς παλμούς που συνυπάρχουν με τον πρωταρχικό ρυθμό, καθιστώντας κάθε ρυθμικό στρώμα πιο διακριτό και ακουστό. Ομοίως, τα μοτίβα με μετατόπιση φάσης, που αναφέρονται σε επαναλαμβανόμενα ρυθμικά σχήματα που μετακινούνται ελαφρώς ως προς τον κύριο παλμό, προκαλούν μικρές χρονικές αποκλίσεις που προσθέτουν αντιρυθμική ένταση και υφή. Από την άλλη, τα μακρύτερα μοτίβα πολυρυθμίας, τα οποία έχουν μεγαλύτερη χρονική διάρκεια πριν επαναληφθούν, δημιουργούν πιο έντονες μετατοπίσεις στο αντιλαμβανόμενο μέτρο και υποδηλώνουν εναλλακτικές μετρικές ερμηνείες που συνυπάρχουν με το κύριο μέτρο. Αυτή η πολυπλοκότητα ενισχύει το groove, κρατώντας τον ακροατή γνωστικά και σωματικά εμπλεκόμενο. Οι θεωρίες κωδικοποίησης πρόβλεψης, σύμφωνα με τους Sioros et al. (2022) ευθυγραμμίζονται με αυτό, προτείνοντας ότι η ισχύς της συγκοπής, και συνεπώς του groove, εξαρτάται από το βαθμό παραβίασης της μετρικής προσδοκίας. Τελικά, τα ανεξάρτητα αλλά

συμπληρωματικά στρώματα παλμού που δημιουργούνται από τους τους διασταυρούμενους ρυθμούς προάγουν μια πλούσια ρυθμική πολυπλοκότητα, ενισχύοντας το συνολικό groove και την εμπλοκή του ακροατή. Οι παραπάνω υποδιαιρέσεις και παρεκκλίσεις που αναλύθηκαν (συγκοπή, πολυρυθμία και cross- rhythm) σχετίζονται στενά αλλά διαφέρουν ουσιαστικά ως προς τη λειτουργία τους στο ρυθμικό πλαίσιο. Ενώ η συγκοπή λειτουργεί στιγμιαία και εντός του υπάρχοντος μέτρου, η πολυρυθμία και ο διασταυρούμενος ρυθμός εισάγουν ανεξάρτητα μετρικά επίπεδα, επεκτείνοντας τη ρυθμική πολυπλοκότητα. Έτσι, η διαφορά τους έγκειται στην κλίμακα, τη διάρκεια και το βάθος της ρυθμικής παρέμβασης στο μουσικό συνεχές.

1.2.4 - Μικρορυθμός

Ο μικρορυθμός (microtiming) αναφέρεται σε μικρές χρονικές αποκλίσεις από ένα αυστηρό μετρονομικό πλαίσιο που συχνά εμφανίζονται σε ένα εύρος ±50 χιλιοστών του δευτερολέπτου κατά τη διάρκεια της μουσικής εκτέλεσης (όπως φαίνεται στην εικόνα 4). Παρά το γεγονός ότι πρόκειται για ιδιαίτερα λεπτές διακυμάνσεις στα διαπλεκόμενα ρυθμικά μοτίβα, οι παραλλαγές αυτές μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την εμπειρία του ακροατή από το groove, καθώς τα μοτίβα μικρορυθμού ιδίως όταν εκτελούνται από έμπειρους μουσικούς, συμβάλλουν στην αντίληψη του groove σε είδη όπως το swing και το funk.



Εικόνα 4 - Σχηματική απεικόνιση του microtiming ως μικρών χρονικών αποκλίσεων των ηχητικών γεγονότων από τις ιδανικές θέσεις ενός μετρονομικού μετρικού πλέγματος (Senn et al. 2016)

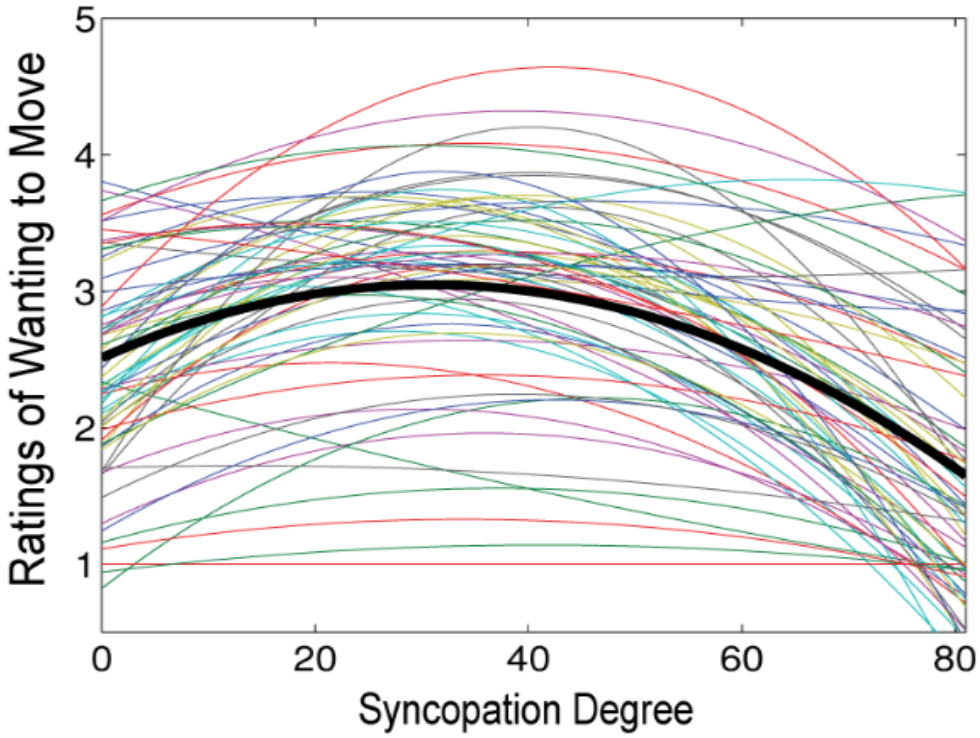
Ωστόσο, είναι πιθανό να συναντήσει κανείς τέτοιες παραλλαγές ακόμη και σε δημοφιλή τραγούδια (ο Stromae το συνηθίζει δημιουργώντας ιδιαίτερη και ανεπαίσθητη εμπειρία

groove). Παρά το γεγονός ότι πρόκειται για ανεπαίσθητες παρεμβολές στην αυστηρή ρυθμική δομή και στο παιχνίδι του εκτελεστή με τα όρια της άρσης και της θέσης, η μελέτη των Senn et al. (2016) διαπίστωσε ότι τόσο οι έμπειροι όσο και οι μη έμπειροι ακροατές αξιολόγησαν υψηλά τις ιδιότητες του groove για τη μουσική με πρωτότυπα μοτίβα microtiming, καθώς και για τα πλήρως κβαντισμένα ερεθίσματα. Αυτό υποδηλώνει ότι ο μικρορυθμός δεν είναι αυστηρά απαραίτητη προϋπόθεση για το groove, αλλά δημιουργεί μια λεπτή ισορροπία των χρονικών παραλλαγών ενισχύοντας την εμπειρία του groove, επιτρέποντας στους ακροατές να συμμετέχουν πιο ολοκληρωμένα στη μουσική. Επιπλέον, η έρευνα των Senn et al. (2016) δείχνει ότι οι υπερβολικές μικροαποκλίσεις της ρυθμικής δομής μπορούν να μειώσουν την εμπειρία του groove, οδηγώντας σε αυξημένο εκνευρισμό των ακροατών, δηλαδή σε αντίθετα αποτελέσματα, κάτι που τονίστηκε και για άλλες παραλλαγές, όπως για τις αυξημένες χρήσεις συγκοπής (Sioros et al., 2014). Έτσι, ενώ ένα ορισμένο επίπεδο microtiming ενισχύει την ευχάριστη αίσθηση του groove, οι υπερβολικές αποκλίσεις μπορούν να διαταράξουν τη ρυθμική σαφήνεια και να επηρεάσουν αρνητικά την εμπλοκή των ακροατών. Στο παράδειγμα του Stromae, πρόκειται για το κομμάτι Sante και η μοναδική παραλλαγή που δίνει αυτήν την αίσθηση "περίεργου" και πιο groovy ρυθμού είναι η μετακίνηση του snare κατά ένα μόλις τριακοστό δεύτερο στον κατά τα άλλα σταθερό ρυθμό της κολομβιανής κούμπια (όγδοο-δύο δέκατα έκτα), πάνω στον οποίο και είναι γραμμένο το κομμάτι. Αυτή η μικροσκοπική διαφορά είναι που δημιουργεί μια ρυθμική δίνη που σίγουρα συμπαρασύρει τον ακροατή.

Οι Madison & Sioros (2014) ωστόσο αναφέρουν μια αντίθετη άποψη: υποστηρίζουν ότι ενώ το groove συνδέεται γενικά με ρυθμικές ιδιότητες όπως η συγκοπή και η πυκνότητα γεγονότων, ο μικρορυθμός έχει αρνητική συσχέτιση με την αντίληψη του groove. Συγκεκριμένα, τα ευρήματά τους υποδεικνύουν ότι αυτό που αυξάνει την εμπειρία του groove είναι οι νότες που εμφανίζονται σε ταχύτερα μετρικά επίπεδα και υψηλότερη πυκνότητα γεγονότων, ενώ αυτό που μειώνει την εμπειρία του groove είναι ο σύμφωνος χρονισμός με το μετρικό πλέγμα. Είναι ενδιαφέρον ότι οι αποκλίσεις του μικροχρονισμού, είτε συστηματικές είτε μη συστηματικές, έχει αποδειχθεί ότι συνδέονται με χαμηλότερες βαθμολογίες groove. Αυτό υποδηλώνει ότι οι αποκλίσεις που εισάγουν απρόβλεπτο ρυθμό μπορεί να παρεμποδίζουν τον συγχρονισμό και τον συντονισμό, οι οποίοι είναι απαραίτητοι για το groove. Στο άρθρο τους σημειώνεται επίσης ότι ενώ οι μουσικοί χρησιμοποιούν συχνά μικροχρονισμό στις ερμηνείες τους, αυτός δεν φαίνεται να ενισχύει την εμπειρία του groove και μπορεί αντίθετα να επισκιάζει την επιδιωκόμενη ρυθμική αίσθηση. Ως εκ τούτου, η μελέτη καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η εστίαση στη διατήρηση ενός σταθερού παλμού και η έμφαση στη ρυθμική πολυπλοκότητα μέσω της συγκοπής είναι πιο αποτελεσματική στην πρόκληση groove από ό,τι ο χειρισμός μικρορυθμού.

1.2.5 - Συγκοπή

Η συγκοπή είναι ακόμη ένα κρίσιμο ρυθμικό μέσο που ενισχύει την εμπειρία του groove στη μουσική. Θεωρείται ως μια τοπική διαταραχή των αναμενόμενων μετρικών μοτίβων, που συμβάλλει στην αίσθηση ρυθμικής έντασης χωρίς να αμφισβητεί ουσιαστικά τον υποκείμενο ρυθμό. Η συγκοπή μπορεί να δώσει έμφαση σε σημαντικούς παλμούς, κάνοντας τους ακροατές να έχουν μεγαλύτερη επίγνωση του παλμού. Στα στυλ που βασίζονται στο groove, οι συγκοπτόμενοι ρυθμοί συχνά συνυπάρχουν με μια ισχυρή μετρική αίσθηση, ενισχύοντας το συνολικό groove αντί να δημιουργούν ασάφεια. Αυτή η αλληλεπίδραση μεταξύ της συγκοπής και του groove προάγει μια ελκυστική και δυναμική μουσική εμπειρία που προσκαλεί σε συμμετοχή και κίνηση (Câmara & Danielsen, 2015). Οι Sioros et al. (2014) διερεύνησαν στη μελέτη τους τη σχέση μεταξύ συγκοπής και groove, και εντόπισαν ότι τα μέτρια επίπεδα συγκοπής ενισχύουν σημαντικά την αίσθηση του groove στη μουσική. Αποκάλυψαν ακόμη ότι ενώ η αυξημένη χρήση συγκοπής τείνει να δημιουργεί ρυθμική ένταση, και έτσι η υπερβολική ποσότητα της συγκεκριμένης ρυθμικής παραλλαγής μπορεί να μειώσει την αίσθηση του groove, να φέρει δηλαδή τα αντίθετα από τα επιθυμητά αποτελέσματα. Αυτό υποδηλώνει μια σύνθετη σχέση συγκοπής και εμπειρίας groove, αφού η αποτελεσματικότητα της συγκοπής δεν εξαρτάται μόνο από την ποσότητα αλλά και από την πλαισιακή τοποθέτησή της στη μουσική. Ειδικότερα, η μελέτη των Sioros et al. (2014) τονίζει ότι η συγκοπή που διαταράσσει στιγμιαία τις καθιερωμένες ρυθμικές προσδοκίες είναι πιο επιδραστική από τη συνεχή παρουσία συγκοπής, υπογραμμίζοντας τη σημασία της ρυθμικής ποικιλίας και της αντίληψης του ακροατή για το μέτρο στη δημιουργία μιας ελκυστικής μουσικής εμπειρίας. Επίσης, η συγκεκριμένη παρατήρηση υπογραμμίζει και πάλι τη σημασία της ύπαρξης ενός σταθερού παλμού και ενός κανονικού ρυθμού ως νόρμα στην οποία η συγκοπή μπορεί να λειτουργήσει ως παραλλαγή. Στο πλαίσιο της συζήτησης του ρόλου της συγκοπής στη δημιουργία της αίσθησης groove, είναι σημαντικό να αναφερθεί το σχήμα U: η ανεστραμμένη καμπύλης σχήματος U (παράδειγμα εικόνα 5) αντιπροσωπεύει την ευχάριστη παρόρμηση να κινηθεί κανείς με τη μουσική (PLUMM, pleasurable urge to move to music). Οι έρευνες αποκαλύπτουν ότι τα μεσαία επίπεδα συγχρονισμού προκαλούν την ισχυρότερη επιθυμία για κίνηση και την μεγαλύτερη ευχαρίστηση, επιβεβαιώνοντας μια σχέση σχήματος ανεστραμμένου U, όπου τόσο ο χαμηλός όσο και ο υψηλός συγχρονισμός οδηγούν σε μειωμένες αντιδράσεις.



Εικόνα 5 - Ανεστραμμένο σχήμα U - Witek et al. (2014)

Η μελέτη των Witek et al. (2014) υποδεικνύει ότι στο πλαίσιο αυτό η συγκοπή χρησιμεύει ως βασικό δομικό στοιχείο στη μουσική που συνδέεται με το groove, ενώ η μελέτη των Seeberg et al. (2024) υποδεικνύει ότι τα ρυθμικά στρώματα αλληλεπιδρούν με τη συγκοπή για να επηρεάσουν την PLUMM, τονίζοντας τη σημασία τόσο της ρυθμικής πολυπλοκότητας όσο και του αριθμού των ρυθμικών στρωμάτων στη δημιουργία απόλαυσης του ακροατή. Οι Duncan & Orgs (2024) υποδεικνύουν επίσης τη σχέση σχήματος U μεταξύ ρυθμικής πολυπλοκότητας και groove, με τα μέτρια επίπεδα συγκοπής να παρέχουν την πιο ελκυστική εμπειρία για τους ακροατές. Σύμφωνα με τους Vuust et al. (2014), η συγκοπή, λειτουργώντας ως μια ρυθμική παραβίαση των μετρικών προσδοκιών, δημιουργεί ένταση μεταξύ ρυθμού και μέτρου. Στο groove, όταν αυτή η παραβίαση επαναλαμβάνεται, δημιουργεί μια δυναμική αλληλεπίδραση που προκαλεί μια ευχάριστη επιθυμία να κινηθεί το σώμα. Σύμφωνα με τη θεωρία της προγνωστικής κωδικοποίησης, σε χαμηλά επίπεδα συγκοπής, ο ρυθμός και το μέτρο ευθυγραμμίζονται, προκαλώντας αδύναμα αποτελέσματα. Σε υψηλά επίπεδα, η υπερβολική συγκοπή διαταράσσει το μέτρο, μειώνοντας την ευχαρίστηση και την επιθυμία για κίνηση.

Ωστόσο, η ενδιάμεση συγκοπή ισορροπεί την ένταση και την προβλεψιμότητα, προκαλώντας θετικές σωματικές και συναισθηματικές αντιδράσεις. Έτσι, για την αίσθηση του groove αξιοποιείται η συγκοπή για να ενεργοποιήσει τους μηχανισμούς πρόβλεψης του εγκεφάλου, ενισχύοντας την κίνηση και την ευχαρίστηση. Οι Vuust &

Witek (2014) εξηγούν ως προς αυτόν τον μηχανισμό, ότι όταν συμβαίνει μια συγκοπή, ο εγκέφαλος βιώνει την παραβίαση των προσδοκιών που έχτισε χάρη στο κανονικό μέτρο, δημιουργώντας σφάλματα πρόβλεψης καθώς τα ρυθμικά γεγονότα πέφτουν σε απροσδόκητους αδύναμους παλμούς. Αυτό πυροδοτεί νευρωνικές αποκρίσεις όπως η αρνητικότητα αναντιστοιχίας, που αντανακλά την ανίχνευση σφαλμάτων, ιδιαίτερα έντονη σε εκπαιδευμένους μουσικούς που αντιλαμβάνονται ισχυρότερα μετρικά μοντέλα. Το groove, που παρατηρείται σε περίπτωση μέτριας συγκοπής, όπως εξηγήθηκε παραπάνω, προκαλεί μια ευχάριστη τάση για κίνηση, που συνδέεται με μια ισορροπία όπου τα σφάλματα πρόβλεψης είναι αρκετά για να εμπλέξουν την ιεραρχική επεξεργασία του εγκεφάλου χωρίς να σπάσει το μοντέλο του μέτρου. Έτσι, η συγκοπή και το groove εμπλέκουν μηχανισμούς κωδικοποίησης πρόβλεψης που περιλαμβάνουν την αντίληψη, τη δράση και τη συναισθηματική επεξεργασία.

Αφού αναλύθηκαν τα μουσικά χαρακτηριστικά που συνθέτουν το groove, στην επόμενη ενότητα παρουσιάζονται μερικές εμπειρικές μελέτες που επιχειρούν να διερευνήσουν πώς αυτά τα στοιχεία επηρεάζουν την ανθρώπινη κίνηση, την απόλαυση και τη γνωστική εμπλοκή με τη μουσική. [εξειδίκευση στο ζητούμενο της παρούσας εργασίας, δηλαδή πειραματικές μελετές για τη σχέση groove με συγκοπή.]

1.3 - Προηγούμενες εμπειρικές μελέτες

Σύμφωνα με τα παραπάνω, το groove αντιπροσωπεύει μια δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ της αντίληψης του ρυθμού και τόσο της νοητής όσο και της πραγματικής σωματικής κίνησης, δημιουργώντας μια ευχάριστη, κοινή εμπειρία σε όλους τους πολιτισμούς και τα μουσικά στυλ (Levitin et al., 2018). Διάφορες έρευνες και πειράματα έχουν εστιάσει στη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ ρυθμικών χαρακτηριστικών της μουσικής, σωματικής κίνησης και της αίσθησης του groove. Μέσω ποικίλων πειραματικών προσεγγίσεων, από εργαστηριακά πειράματα έως παρατηρήσεις σε φυσικά περιβάλλοντα ακρόασης, μελέτες έχουν στο παρελθόν επιχειρήσει να κατανοήσουν γιατί και πώς η μουσική προκαλεί την επιθυμία για κίνηση και τη δημιουργία συλλογικών μουσικών εμπειριών. Ορισμένες από αυτές τις έρευνες και τα πειράματα θα παρουσιαστούν παρακάτω. Η εστίασή τους αφορά παράγοντες όπως η συγκοπή, η ρυθμική πολυπλοκότητα, το groove και το κοινωνικο-πολιτισμικό πλαίσιο, καθώς και ο τρόπος που όλα αυτά επηρεάζουν τη σωματική εμπλοκή, την αντιληπτή σταθερότητα του ρυθμού και τη συναισθηματική απόκριση. Παράλληλα, έμφαση θα δοθεί στον ρόλο πολιτισμικών, κινησιολογικών και αντιληπτικών παραγόντων στη διαμόρφωση της εμπειρίας του groove, προσφέροντας πολύπλευρη κατανόηση του φαινομένου τόσο από γνωστική όσο και από κοινωνικοαισθητική σκοπιά.

Οι Witek et al. (2014) στην έρευνά τους διερεύνησαν τη σχέση μεταξύ της συγκοπής, της επιθυμίας για κίνηση και της εμπειρίας ευχαρίστησης κατά την ακρόαση μουσικής. Η μελέτη αυτή διεξήχθη μέσω διαδικτυακής έρευνας και συμπεριέλαβε 66 συμμετέχοντες

ηλικίας 17 έως 63 ετών από διάφορες περιοχές παγκοσμίως, όπως η Ευρώπη, η Ωκεανία, η Αφρική, η Αμερική και η Ασία. Οι συμμετέχοντες άκουσαν 50 κομμάτια drum-break funk με διαφορετικούς βαθμούς συγκοπής και ακουστικής εντροπίας **,** το καθένα διάρκειας 16 δευτερολέπτων στα 120 bpm, τα οποία δημιουργήθηκαν με τη χρήση του GarageBand 5.1. Αφού άκουσαν κάθε drum-break, οι συμμετέχοντες βαθμολόγησαν την επιθυμία τους να κινηθούν και την ευχαρίστηση που βίωσαν σε 5-βάθμια κλίμακα Likert. Η διαδικασία περιελάμβανε ένα αρχικό δημογραφικό ερωτηματολόγιο, ακολουθούμενο από ρύθμιση της έντασης χρησιμοποιώντας δύο μη πειραματικά κομμάτια τυμπάνων. Στη συνέχεια, τα drum-breaks παρουσιάστηκαν με τυχαία σειρά και οι συμμετέχοντες μπορούσαν να προχωρήσουν στο επόμενο κομμάτι μόνο αφού ακούσουν το προηγούμενο πλήρως. Ολόκληρο το πείραμα διήρκεσε περίπου 15-20 λεπτά. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ακουστική εντροπία ήταν ένας φτωχός προγνωστικός παράγοντας της επιθυμίας και της ευχαρίστησης της κίνησης. Ωστόσο, οι μέτριοι βαθμοί συγκοπής προκάλεσαν υψηλότερες αξιολογήσεις τόσο της επιθυμίας κίνησης όσο και της ευχαρίστησης, ιδιαίτερα μεταξύ των συμμετεχόντων που απολάμβαναν το χορό. Αυτό επιβεβαιώνει τη σχέση σε σχήμα ανεστραμμένου U μεταξύ της συγκοπής, της κίνησης του σώματος και της ευχαρίστησης, αναδεικνύοντας το ρόλο της συγκοπής ως βασικού δομικού παράγοντα στις ενσώματες και συναισθηματικές αντιδράσεις στο groove. Τα ευρήματα της μελέτης των Witek et al. (2014) υπογραμμίζουν τη σημασία της συγκοπής στην εμπειρία του groove, η οποία ενώνει την ευχαρίστηση και τον αισθητικοκινητικό συγχρονισμό. Ενώ η επίδραση του πολιτισμικού υπόβαθρου σε αυτές τις αντιδράσεις παραμένει ένα ανοιχτό ερώτημα, τα αποτελέσματα υποδηλώνουν μια γενική προτίμηση για μεσαία επίπεδα συγκοπής**,** υπογραμμίζοντας τον ευρύτερο ρόλο του groove στην ανθρώπινη μουσική συμπεριφορά.

Η Witek (2013) επίσης εστίαση κατά την εκπόνηση διδακτορικής της διατριβής στην εις βάθος διερεύνηση της σχέσης ανάμεσα στη ρυθμική δομή της μουσικής, την κινητική απόκριση των ακροατών και τη συναισθηματική ευχαρίστηση που προκύπτει κατά την εμπειρία του groove. Ειδικότερα, η Witek επιχείρησε να εξετάσει τον ρόλο της συγκοπής και της ρυθμικής πολυπλοκότητας ως παραγόντων που ενισχύουν την επιθυμία για κίνηση και τη μουσική απόλαυση, με σκοπό τη βαθύτερη κατανόηση του γιατί οι άνθρωποι συχνά αισθάνονται την ακαταμάχητη ανάγκη να κινηθούν σε ρυθμικά μοτίβα, και πώς η αλληλεπίδραση αυτής της σωματικής εμπλοκής με τη μουσική δομή οδηγεί σε συναισθηματική ανταπόκριση. Η ερευνήτρια, λοιπόν, διατύπωσε τέσσερα βασικά ερωτήματα:

1. Σε ποιο βαθμό η συγκοπή συμβάλλει στην επιθυμία για κίνηση, που είναι τόσο κεντρική στην εμπειρία του groove;
2. Σε ποιο βαθμό η ευχαρίστηση παρακινεί το σώμα στο groove;
3. Σε ποιο βαθμό μπορεί να ειπωθεί ότι η αντίληψη των μετρικών γεγονότων προωθεί ενσωματωμένες και συναισθηματικές εμπειρίες με groove;

4. Ποια είναι η επίδραση του μουσικού υπόβαθρου στη σχέση μεταξυ συγκοπής, κίνησης σώματος και ευχαρίστησης στο groove;

Για να απαντήσει στα ερωτήματα αυτά, η Witek (2013) σχεδίασε ένα εμπειρικό πείραμα στο οποίο συμμετείχαν 29 αγγλόφωνοι εθελοντές ηλικίας 21 έως 34 ετών, εκ των οποίων 14 χαρακτηρίστηκαν ως μουσικοί (με πάνω από 8 χρόνια επίσημης εκπαίδευσης και πρώιμη έναρξη ενασχόλησης με μουσικό όργανο πριν την ηλικία των 8 ετών), και 15 ως μη μουσικοί, χωρίς καμία επιπλέον μουσική εκπαίδευση πέραν των βασικών μαθημάτων στο σχολείο. Η σαφής κατηγοριοποίηση των συμμετεχόντων αποτέλεσε κρίσιμο στοιχείο για τη μελέτη της επίδρασης της μουσικής εμπειρίας στην αντίληψη του groove. Τα ρυθμικά ερεθίσματα της μελέτης σχεδιάστηκαν με το λογισμικό GarageBand 5.1 και αποτελούνταν από 48 μοτίβα σε ρυθμό 4/4 και 120 bpm, τα οποία προηγήθηκαν από μια μπάρα μέτρησης (φωνητική μέτρηση έως το 4) και μία μπάρα με μετρονόμο. Κάθε μοτίβο παρουσιάστηκε τέσσερις φορές σε συνεχή επανάληψη. Κατά τη διάρκεια της πρακτικής φάσης, οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να χτυπούν ρυθμικά πλήκτρα στο πληκτρολόγιο του υπολογιστή τους. Χρησιμοποίησαν το πλήκτρο "G" για τον τονισμένο (downbeat) και το "J" για τους υπόλοιπους παλμούς, ακολουθώντας αυστηρές οδηγίες ώστε να διασφαλιστεί η τήρηση της μετρικής ακρίβειας. Μετά από κάθε μοτίβο, εμφανιζόταν στην οθόνη μια οπτική αναλογική κλίμακα αξιολόγησης, στην οποία οι συμμετέχοντες διέθεταν 12 δευτερόλεπτα για να εκτιμήσουν την αντιληπτή σταθερότητα του ρυθμού. Όλες οι αποκρίσεις και τα δεδομένα απόδοσης καταγράφηκαν μέσω του εξειδικευμένου λογισμικού Presentation (Neurobehavioral Systems, Inc.). Η ακρόαση γινόταν με ακουστικά υψηλής ποιότητας, με σταθερή ένταση σε όλους τους συμμετέχοντες, ώστε να διασφαλιστεί η ομοιογένεια των συνθηκών. Το συνολικό πείραμα είχε διάρκεια περίπου 45 λεπτά. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης (με τη χρήση του Predictive Analytic Software [PASW] 17.0 της IBM) έδειξαν ότι τα συγχρονισμένα μοτίβα drum-kit επηρέασαν σημαντικά την ακρίβεια στο χτύπημα και την αντιληπτή ρυθμική σταθερότητα. Οι επιδράσεις αυτές διαφοροποιήθηκαν βάσει του αριθμού των ρυθμικών ροών, του τύπου των οργάνων και της μετρικής θέσης, αλλά και ανάλογα με το μουσικό υπόβαθρο των ακροατών. Το πειραματικό πλαίσιο ανέδειξε πώς οι ακροατές κατανοούν και ανταποκρίνονται ρυθμικά όταν εκτίθενται σε συγκοπές και ρυθμικά πολυσύνθετα περιβάλλοντα. Καταλήγοντας, η Witek υποστήριξε ότι το groove αποτελεί έναν κεντρικό αισθητικό και ψυχοσωματικό μηχανισμό στην εμπειρία της μουσικής. Όπως έδειξε με τη διατριβή της, η σωματική εμπλοκή, δηλαδή η τάση του ακροατή να κινηθεί στον ρυθμό, ενισχύει την ευχαρίστηση και εξηγεί σε μεγάλο βαθμό την καθολικότητα της μουσικής έλξης. Μέσα από την αλληλεπίδραση συγκοπής, μετρικής πρόβλεψης και σωματικής απόκρισης, το groove αναδύεται ως δομικό στοιχείο που γεφυρώνει το αντιληπτικό με το συναισθηματικό επίπεδο της μουσικής εμπειρίας.

Οι Dotov et al. (2021) στην έρευνά τους εστίασαν στον τρόπο με τον οποίο τα οπτικά κοινωνικά στοιχεία επηρεάζουν την κινητική ενέργεια κατά τη διάρκεια της συλλογικής ακρόασης μουσικής. Όσον αφορά τη σύνδεση με το groove, εξέτασαν αν η μουσική με

υψηλό groove προκαλεί ισχυρότερη κίνηση και διαπροσωπικό συντονισμό και πώς τα οπτικά κοινωνικά στοιχεία (μάτια ανοιχτά vs. κλειστά) επηρεάζουν αυτές τις αντιδράσεις. Πρόκειται για μια ενδιαφέρουσα έρευνα που μελέτησε τη σχέση μεταξύ groove, κινητικής ενέργειας και συναισθηματικής δέσμευσης, δίνοντας έμφαση στις κοινωνικές και ψυχολογικές διαστάσεις των μουσικών εμπειριών. Στο πείραμα συμμετείχαν 33 ενήλικες συμμετέχοντες που παρακολουθούσαν ένα συνέδριο μουσικών γνώσεων. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν σε μια αίθουσα συναυλιών με παρακολούθηση κίνησης (LIVElab) εξοπλισμένη με ενεργή ακουστική. Οι συμμετέχοντες κάθισαν σε καθορισμένα καθίσματα ενώ άκουγαν μουσική υψηλής και χαμηλής έντασης με διαφορετικούς ρυθμούς. Οι κινήσεις του κεφαλιού παρακολουθήθηκαν με τη χρήση 24 υπέρυθρων καμερών και ανακλαστικών δεικτών και οι συμμετέχοντες παρείχαν υποκειμενικές αξιολογήσεις σχετικά με το grooviness, τη συναισθηματική ένταση και την οικειότητα μετά από κάθε τραγούδι. Τα αποτελέσματα της έρευνας των Dotov et al. (2021) έδειξαν ότι η μουσική με υψηλότερο groove οδήγησε σε αυξημένη ενέργεια κίνησης και συσχετίστηκε θετικά με τις βαθμολογίες groove. Οι συμμετέχοντες παρουσίασαν περισσότερη κίνηση σε δοκιμές με ανοιχτά μάτια, επιβεβαιώνοντας ότι η θέαση των άλλων ενισχύει τις κινητικές αντιδράσεις μέσω της κοινωνικής διευκόλυνσης. Ο διαπροσωπικός συντονισμός ήταν επίσης υψηλότερος στις συνθήκες υψηλού groove και ανοιχτών ματιών, υποδεικνύοντας ότι η κοινωνική αλληλεπίδραση επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο βιώνεται η μουσική. Οι βαθμολογίες συναισθηματικού σθένους και έντασης συσχετίστηκαν με την ενέργεια κίνησης, ενισχύοντας τη σύνδεση μεταξύ groove και ενσώματης εμπλοκής. Μέσω αυτών των αποτελεσμάτων οι Dotov et al. (2021) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το groove, σε συνδυασμό με οπτικές κοινωνικές ενδείξεις, ενισχύει την κινητική συμμετοχή, τη συναισθηματική εμπλοκή και την κοινωνική σύνδεση. Τα ευρήματα αυτά αναδεικνύουν το ρόλο της μουσικής στην προώθηση συλλογικών εμπειριών, υποδηλώνοντας ότι η μουσική με groove διευκολύνει τον διαπροσωπικό συγχρονισμό και ενισχύει τους συναισθηματικούς δεσμούς μέσω της κίνησης.

Ο Fitch (2016) στην έρευνά του αποσκοπούσε στη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ χορού και μουσικής, εστιάζοντας ιδιαίτερα στις έννοιες του groove και της συγκοπής, οι οποίες συχνά παραβλέπονται στις μελέτες γνωστικής αντίληψης της μουσικής. Η κεντρική υπόθεση της έρευνάς του ήταν ότι η κατανόηση του μουσικού ρυθμού απαιτεί την εξέταση της προέλευσής του στο χορό, καθώς η ρυθμική κίνηση είναι αναπόσπαστο μέρος διαφόρων μουσικών ειδών, ιδίως εκείνων που συνδέονται με το χορό. Στη μελέτη του χρησιμοποίησε μια ποιοτική προσέγγιση, αντλώντας από προσωπικές εμπειρίες και παρατηρήσεις από μουσικές και χορευτικές πρακτικές, ιδιαίτερα στα αφρικανικά τύμπανα και τη salsa. Μεταξύ των συμμετεχόντων στην έρευνα ήταν ο ίδιος ο Fitch και διάφοροι μουσικοί και χορευτές που έχουν ασχοληθεί με αυτά τα μουσικά είδη, επιτρέποντας τη διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο τα άτομα βιώνουν το ρυθμό σε σχέση με τη σωματική κίνηση. Η ερευνητική διαδικασία περιελάμβανε την ανάλυση των

ρυθμικών μοτίβων και τη σύνδεσή τους με τις χορευτικές κινήσεις, ιδίως πώς η συγκοπή ενεργοποιεί τα upbeats και ενισχύει το συνολικό groove της μουσικής. Στα ευρήματα της έρευνας αναφέρεται ότι οι χρήσεις συγκοπής, ενώ αρχικά γίνονται αντιληπτές ως στοιχείο ρυθμικής πολυπλοκότητας, μπορούν να προσδώσουν ενέργεια στις upbeat κινήσεις, καθιστώντας τη μουσική πιο ζωντανή και συναρπαστική για τους χορευτές.

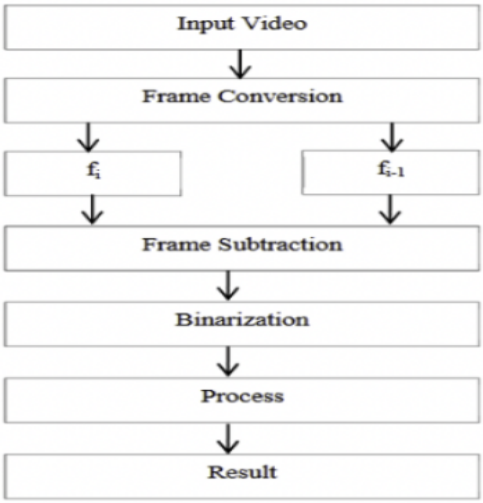
Οι Matthews et al. (2019) στη μελέτη τους διερεύνησαν πώς η αίσθηση του groove επηρεάζεται από την αλληλεπίδραση μεταξύ ρυθμικής και αρμονικής πολυπλοκότητας και πώς η μουσική εκπαίδευση επηρεάζει αυτή την αίσθηση. Η μελέτη χρησιμοποίησε μια διαδικτυακή έρευνα όπου 201 συμμετέχοντες με ποικίλο μουσικό υπόβαθρο βαθμολόγησαν 54 σύντομες μουσικές ακολουθίες που διέφεραν συστηματικά σε τρία επίπεδα ρυθμικής πολυπλοκότητας (χαμηλή, μεσαία, υψηλή συγκοπή) και αρμονικής πολυπλοκότητας (χαμηλή, μεσαία, υψηλή σύμφωνη/διαφωνία). Οι συμμετέχοντες βαθμολόγησαν κάθε ερέθισμα σε δύο διαστάσεις: την ευχαρίστηση που βίωσαν και την επιθυμία να κινηθούν. Τα αποτελέσματα έδειξαν μια σαφή σχέση σχήματος ανεστραμμένου U μεταξύ της ρυθμικής πολυπλοκότητας και τόσο της ευχαρίστησης όσο και της επιθυμίας για κίνηση, με τη μεσαία συγκοπή να προκαλεί τις υψηλότερες βαθμολογίες. Η αρμονική πολυπλοκότητα επηρέασε τις βαθμολογίες ευχαρίστησης, με τις συγχορδίες χαμηλής και μέσης πολυπλοκότητας να βαθμολογούνται με παρόμοιο τρόπο και μια αξιοσημείωτη πτώση για τις συγχορδίες υψηλής πολυπλοκότητας (διάφωνες). Είναι σημαντικό ότι η ευχαρίστηση διαμεσολάβησε στην επίδραση της αρμονίας στην επιθυμία για κίνηση, υποδεικνύοντας ότι η αρμονία επηρεάζει την αίσθηση groove έμμεσα μέσω της συναισθηματικής αξίας. Διαπιστώθηκε μια αλληλεπίδραση όπου η μεσαία αρμονική πολυπλοκότητα ενίσχυσε την επίδραση του ρυθμικού ανεστραμμένου U στην ευχαρίστηση, αλλά η υψηλή αρμονική πολυπλοκότητα την αμβλύνει. Η μουσική εκπαίδευση ενίσχυσε την ευαισθησία τόσο στη ρυθμική όσο και στην αρμονική πολυπλοκότητα, με τους μουσικούς να εμφανίζουν ισχυρότερο μοτίβο ανεστραμμένου U για το ρυθμό και μεγαλύτερη ευχαρίστηση συνολικά. Με βάση τα ευρήματα αυτά, η μελέτη των Matthews et al. (2019) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ο ρυθμός οδηγεί κυρίως το groove μέσω διαδικασιών πρόβλεψης και παράσυρσης, ενώ η αρμονία διαμορφώνει αυτά τα αποτελέσματα μέσω της επιρροής της στην ευχαρίστηση. Η μουσική εμπειρία ενισχύει αυτές τις σχέσεις, υπογραμμίζοντας τους αλληλένδετους ρόλους των κινητικών και συναισθηματικών αποκρίσεων στην αντίληψη του groove.

Η έννοια του “groove”, όπως έχουμε εξηγήσει στις παραπάνω έρευνες είναι βαθιά υποκειμενική και βιώνεται διαφορετικά από κάθε ακροατή. Συνδέεται με την επιθυμία για κίνηση, τον ρυθμό, τη συμμετοχή, και συχνά πυροδοτεί ενσώματες αντιδράσεις, όπως χτύπημα των δακτύλων ή κίνηση του σώματος. Για να διερευνηθούν όμως πιο αντικειμενικά αυτά τα φαινόμενα, απαιτούνται τεχνολογικές μέθοδοι που επιτρέπουν την ποσοτικοποίηση της ανθρώπινης κίνησης και την ανάλυση των δεδομένων που τη συνοδεύουν. Μέσω αυτών των μεθόδων επιχειρείται να καταγραφεί και να αναλυθεί πώς και πότε ο ακροατής "μπαίνει στο groove", κάνοντάς το πλέον προσβάσιμο στην

επιστημονική παρατήρηση και ποσοτική αξιολόγηση. Ανατρέχοντας στη βιβλιογραφία, παρατηρείται ότι οι εμπειρικές μελέτες γύρω από το groove στη μουσική και τη σωματική κίνηση αξιοποιούν ποικίλες τεχνικές καταγραφής κινητικών δεδομένων, καθώς και ένα ευρύ φάσμα μεθόδων εξαγωγής χαρακτηριστικών που συνδέονται με τα εκάστοτε ερευνητικά ερωτήματα κυρίως δεικτών που αντικατοπτρίζουν την ένταση ή την ενέργεια της κίνησης. Παρακάτω αναφερόμαστε αναλυτικά στη μέθοδο που εφαρμόστηκε στην παρούσα εργασία.

1.4 - Τεχνολογίες και μέθοδοι για τη σύλληψη δεδομένων στο groove

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, επιλέχθηκε η οπτική καταγραφή της σωματικής κίνησης μέσω βιντεοκάμερας, με την εφαρμογή της μεθόδου Frame Differencing για την παρακολούθηση και ανάλυση των κινήσεων. Από τα δεδομένα αυτά υπολογίστηκε η παράμετρος Quantity of Motion (QoM), η οποία περιγράφει το συνολικό μέγεθος ή την ποσότητα της κίνησης που παράγεται κατά τη διάρκεια της μουσικής εμπειρίας. Ακολουθεί το διάγραμμα ροής (Εικόνα 6) των μεθόδων ανάλυσης κίνησης που χρησιμοποιήθηκε στη συνέχεια η εξήγηση τους και τέλος ο ορισμός του QoM.



Εικόνα 6 - Διάγραμμα Ροής Frame Differencing (Alex & Wahi, 2014)

Το παραπάνω διάγραμμα περιλαμβάνει τα εξής στάδια :

1. **Είσοδος βίντεο (Input Video):** Το σύστημα λαμβάνει ένα βίντεο από κάμερα το οποίο περιέχει την κινούμενη σκηνή που θα αναλυθεί (π.χ. χορευτής, μουσικός).
2. **Μετατροπή καρέ (Frame Conversion):** Το βίντεο διασπάται σε διαδοχικά καρέ. Συχνά τα καρέ μετατρέπονται σε γκρι κλίμακα για απλούστευση υπολογισμών και μείωση θορύβου.
3. **Επιλογή διαδοχικών καρέ (f[t], f[t-1]):** Για κάθε χρονική στιγμή επιλέγεται το τρέχον καρέ f[t] και το προηγούμενο f[t-1]. Η σύγκριση γίνεται μεταξύ αυτών των

δύο γειτονικών καρέ.

4. **Διαφορά καρέ (Frame Subtraction / Differencing) :** Εκτελείται η απόλυτη διαφορά ανά pixel: |f[t] − f[t-1]|. Το αποτέλεσμα επισημαίνει τα pixels που άλλαξαν, δηλαδή τις περιοχές πιθανής κίνησης, ενώ τα στατικά μέρη έχουν μικρές τιμές.
5. **Κατωφλίωση (Binarization / Thresholding):** Εφαρμόζεται κατώφλι στην εικόνα διαφοράς για να παραχθεί μία δυαδική μάσκα (μαύρο = φόντο, λευκό = κίνηση). Το κατώφλι μπορεί να είναι σταθερό ή προσαρμοστικό ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού.
6. **Επεξεργασία (Processing):** Η δυαδική μάσκα βελτιστοποιείται με μορφολογικά φίλτρα (erosion/dilation), αφαίρεση μικρών θορυβωδών περιοχών, και σύνδεση κοντινών κομματιών. Από τη μάσκα εξάγονται χαρακτηριστικά: περίγραμμα, κέντρο μάζας, σχήμα σιλουέτας, και μετρικές εσωτερικής κίνησης.
7. **Υπολογισμός QoM:** Είναι το πλήθος των λευκών εικονοστοιχείων (λευκή επιφάνεια), δηλαδή ο δείκτης που αντιστοιχεί στην ποσότητα κίνησης. Μπορεί να υπολογιστεί και χρονικά (χρονικά αθροίσματα) για συνοπτικές εικόνες κίνησης (SMI).
8. **Αποτέλεσμα (Result**): Εξάγονται τα τελικά αποτελέσματα, δηλαδή μάσκες κίνησης, σιλουέτες, χρονοσειρές QoM, ή συνοπτικές εικόνες κίνησης που χρησιμοποιούνται για αναγνώριση δράσης, ανάλυση χορού ή περαιτέρω επεξεργασία.

Πιο αναλυτικά, το Frame Differencing (βήμα 4) είναι και αποτελεί κρίσιμη παράμετρος η οποία καθορίζει τον αριθμό των καρέ που μεσολαβούν πριν συγκριθεί η εικόνα ενός νέου καρέ με ένα προηγούμενο. Με άλλα λόγια, ρυθμίζει τη χρονική απόσταση ανάμεσα σε δύο καρέ που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του μεγέθους της κίνησης, καθώς από τον υπολογισμό της διαφοράς φωτεινότητας μεταξύ των καρέ εντοπίζονται οι περιοχές μεταβολής, από την οποία μπορούμε να υπολογίσουμε την επιφάνεια, δηλαδή το QoM (Camurri et al., 2000 & Camurri et al., 2004).

Ρυθμίζοντας την τιμή του, οι ερευνητές μπορούν να ελέγξουν το επίπεδο ευαισθησίας της ανίχνευσης: ένα μικρό timeDiffFrames εντοπίζει λεπτές και γρήγορες κινήσεις, ενώ ένα μεγαλύτερο είναι απαραίτητο για την παρακολούθηση πιο αργών κινήσεων. Παρότι προσφέρει μεγάλη ευελιξία, η επιλογή ακατάλληλης τιμής μπορεί να επηρεάσει την ακρίβεια: χαμηλές τιμές μπορεί να αυξήσουν τον θόρυβο, ενώ υψηλές να χάσουν σημαντικές λεπτομέρειες. Συνεπώς, το timeDiffFrames συμβάλλει καθοριστικά στην ισορροπία ανάμεσα στην ευαισθησία και την ακρίβεια της ανάλυσης κίνησης

Καθώς επίσης το Threshold (κατώφλι φωτεινότητας), (Βήμα 5) είναι μια κρίσιμη παράμετρος στην επεξεργασία εικόνας, που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή μιας γκρι εικόνας σε δυαδική (ασπρόμαυρη). Συγκεκριμένα, όλα τα εικονοστοιχεία με τιμή φωτεινότητας πάνω από το κατώφλι χαρακτηρίζονται ως λευκά, ενώ όσα βρίσκονται

κάτω από αυτό χαρακτηρίζονται ως μαύρα (Camurri et al., 2000). Με αυτόν τον τρόπο αναδεικνύονται οι περιοχές ενδιαφέροντος (blobs), οι οποίες αντιπροσωπεύουν τα τμήματα του σώματος που κινούνται. Παρά τα πλεονεκτήματά του, η επιλογή της κατάλληλης τιμής είναι κρίσιμη: πολύ χαμηλό threshold μπορεί να ενσωματώσει θόρυβο ή σκιές, ενώ πολύ υψηλό μπορεί να κόψει σημαντικά μέρη του σώματος, μειώνοντας την ακρίβεια. Έτσι, το σωστό threshold εξασφαλίζει ισορροπία ανάμεσα στη λεπτομέρεια και την καθαρότητα της ανάλυσης.

Το Quantity of Motion όπως εισάγεται από τον Camurri και τους συνεργάτες του, αποτελεί μια βασική παράμετρο στην ανάλυση της ανθρώπινης κίνησης, η οποία λειτουργεί κατά κάποιον τρόπο ως δείκτης του φυσικού μεγέθους της ορμής. Η έννοια αυτή δεν περιορίζεται απλώς στο πόσο κινείται το σώμα, αλλά επεκτείνεται και στο πώς η κινητική ενέργεια εξελίσσεται χρονικά, αποτυπώνοντας δυναμικές όπως η επιτάχυνση, η αδράνεια και η ένταση της κίνησης. Ουσιαστικά, πρόκειται για έναν δείκτη της κινησιολογικής ορμής που καταγράφει την παρουσία, το εύρος και τη ροή της σωματικής δραστηριότητας, καθιστώντας το QoM μια χρήσιμη ποσοτική προσέγγιση του τρόπου με τον οποίο το σώμα "συμμετέχει" εκφραστικά σε μουσικά ή ρυθμικά ερεθίσματα (Camurri et al.2005). Η μέτρησή του βασίζεται σε αναλύσεις εικόνας και πιο συγκεκριμένα στις Silhouette Motion Images (SMIs), οι οποίες καταγράφουν διαδοχικά στιγμιότυπα της σωματικής μετατόπισης εξαιρώντας τη στατική στάση και εστιάζοντας αποκλειστικά στην καθαρή κίνηση. Το QoM προκύπτει ως η συνολική επιφάνεια (σε αριθμό pixels) στην οποία εντοπίζεται αλλαγή ανάμεσα σε διαδοχικά καρέ βίντεο. Αυτή η αριθμητική τιμή αντικατοπτρίζει την ένταση και την έκταση της κίνησης, ενσωματώνοντας έμμεσα και παραμέτρους όπως ταχύτητα και μάζα, στοιχεία άρρηκτα συνδεδεμένα με την έννοια της ορμής (Camurri et al., 2004).

Ως ένα "είδος ορμής", το QoM κατά τη διάρκεια μιας μουσικής αλληλεπίδρασης ή ενός χορευτικού μοτίβου, όταν το σώμα επιταχύνει, σταματά ή αλλάζει κατεύθυνση, οι αντίστοιχες αυξομειώσεις του QoM αντικατοπτρίζουν αυτές τις μεταβολές. Το αποτέλεσμα είναι καμπύλες που διαμορφώνουν χαρακτηριστικά μοτίβα, γνωστά ως "motion bells", τα οποία επιτρέπουν τον εντοπισμό φάσεων έντονης κίνησης (motion) και παύσης (pause) μέσω threshold τιμών που ορίζονται εμπειρικά (Camurri et al.2005).

Το QoM βρίσκει εφαρμογή σε ένα ευρύ φάσμα πεδίων, από την ανάλυση εκφραστικότητας στον χορό και τη μουσική, μέχρι τη διεπαφή ανθρώπου-υπολογιστή. Ιδιαίτερα στο πλαίσιο του λογισμικού EyesWeb, το οποίο ανέπτυξαν οι Camurri et al., 2000, το QoM χρησιμοποιείται για την κατανόηση της ενσώματης συμμετοχής των χρηστών σε διαδραστικά συστήματα, ενισχύοντας έτσι τη μελέτη του groove ως ψυχοσωματικής εμπειρίας (Camurri et al., 2000).

Τα βασικά πλεονεκτήματα του QoM είναι η μη παρεμβατική του φύση δεν απαιτείται τοποθέτηση αισθητήρων στο σώμα και η δυνατότητα να αποδώσει ποσοτικά την ένταση της σωματικής ενέργειας με τρόπο απλό αλλά ουσιαστικό. Επιπλέον, προσφέρει δυναμική πληροφορία, καθώς εντοπίζει τις αλλαγές της κινητικότητας στο χρόνο.

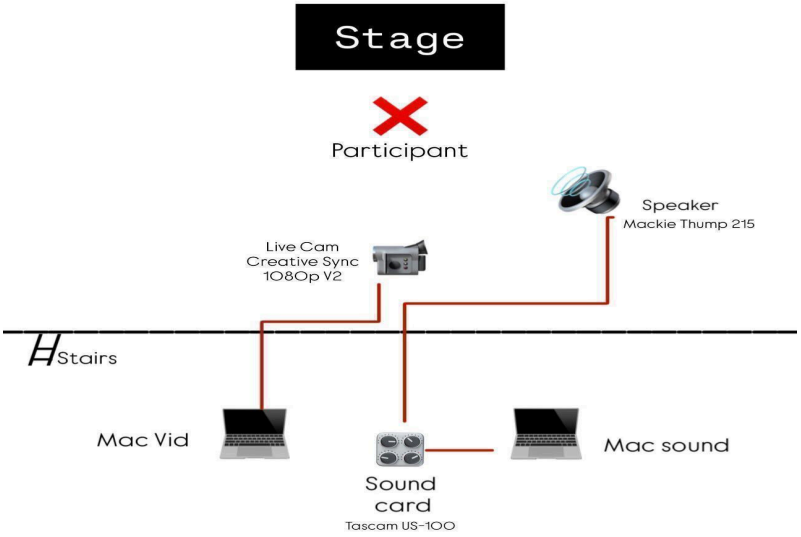
Ωστόσο, το QoM έχει και μειονεκτήματα. Η ακρίβειά του εξαρτάται από εξωτερικές παραμέτρους όπως η ποιότητα του βίντεο, ο φωτισμός, το φόντο και η αντίθεση, που μπορούν να επηρεάσουν την ανίχνευση των blobs. Επιπλέον, δεν προσφέρει πληροφορίες για την "ποιότητα" της κίνησης, δηλαδή δεν καταγράφει στοιχεία όπως η πρόθεση ή η εκφραστικότητα, αλλά μόνο την ποσοτική διάσταση της σωματικής δραστηριότητας.

Συνοψίζοντας, το Quantity of Motion, όπως ορίζεται κυρίως από τον Camurri, είναι μια μορφή ορμής που αποτυπώνει την ενέργεια και το ρυθμό της ανθρώπινης κίνησης. Μέσω αυτής της έννοιας, μπορούμε να εξετάσουμε πώς το σώμα αποκρίνεται, παρασύρεται ή συμμετέχει ενεργά σε μουσικά περιβάλλοντα, κάνοντάς το βασικό εργαλείο στη μελέτη του groove και της ανθρώπινης εκφραστικότητας μέσα από το κίνημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΠΕΙΡΑΜΑ

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στις 7 Ιουλίου 2025, στο αμφιθέατρο του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου στο Ρέθυμνο, σε ελεγχόμενο και ήσυχο περιβάλλον χωρίς ακροατήριο, κατάλληλο για παρατήρηση και καταγραφή συμπεριφοράς σε σχέση με μουσικά ερεθίσματα.

2.1 - Πειραματική Διάταξη



Εικόνα 7 - Πειραματική Διάταξη

Η παραπάνω εικόνα (όπως φαίνεται στην εικόνα 7) παρουσιάζει τη διάταξη εκτέλεσης ενός πειράματος ανάλυσης κίνησης και ήχου σε σκηνικό περιβάλλον. Ο συμμετέχων τοποθετείται στο κέντρο της σκηνής, ενώ η συνολική εγκατάσταση περιλαμβάνει δύο υπολογιστές MacBook Pro, μία Live Cam Creative Sync 1080p V2, μία κάρτα ήχου Tascam US-100, καθώς και ένα αυτοενισχυόμενο ηχείο Mackie Thump 215.

Ο πρώτος υπολογιστής (Mac Vid) χρησιμοποιήθηκε για τη λήψη και επεξεργασία του βίντεο από την κάμερα, η οποία καταγράφει τις κινήσεις του συμμετέχοντα σε πραγματικό χρόνο. Ο δεύτερος υπολογιστής (Mac Sound) χειρίζεται την παραγωγή και αναπαραγωγή ήχου μέσω της κάρτας ήχου. Το ηχείο Mackie Thump 215

χρησιμοποιείται για την αναπαραγωγή των ηχητικών ερεθισμάτων στο χώρο της σκηνής.

2.2 - Εξοπλισμός & Software

- 2 Υπολογιστές - Mac Book Pro
- Αυτοενισχυόμενο Ηχείο - Mackie Thump 215
- Κάρτα Ήχου - Tascam US-100
- Live Cam - Creative Sync 1080p V2
- Διάφορα καλώδια
- Ableton Live
- Matlab R2022a
- Photobooth
- CapCut

2.3 - Συμμετέχοντες

Στη μελέτη συμμετείχαν 11 ενήλικες, ηλικίας 19 έως 39 ετών (6 άνδρες και 5 γυναίκες), εκ των οποίων ο ένας ακυρώθηκε κατά την επεξεργασία του βίντεο λόγω κακής λήψης. Οι συμμετέχοντες προέρχονταν από διάφορες γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδας, διασφαλίζοντας έτσι ποικιλομορφία στο δημογραφικό προφίλ του δείγματος. Αναφορικά με το μουσικό υπόβαθρο των συμμετεχόντων, όλοι χαρακτηρίζονταν ως μη επαγγελματίες μουσικοί. Συγκεκριμένα:

- Ένα άτομο είχε παρακολουθήσει βασική μουσική εκπαίδευση κατά τα σχολικά του χρόνια.
- Δύο άτομα είχαν εμπειρία στον χορό, με ενασχόληση διάρκειας 5 έως 10 ετών.
- Δύο συμμετέχοντες ήταν ενεργοί DJs, με εμπειρία τουλάχιστον 7 ετών στον χώρο της μουσικής.
- Οι υπόλοιποι έξι συμμετέχοντες δεν είχαν καμία προηγούμενη εμπειρία ή ενασχόληση με μουσική ή χορό.

Η συμμετοχή στο πείραμα ήταν απολύτως εθελοντική, και όλοι οι συμμετέχοντες υπέγραψαν φόρμα συγκατάθεσης πριν την έναρξη της διαδικασίας, αποδεχόμενοι την εμπλοκή τους σε επιστημονική πειραματική μελέτη με πλήρη επίγνωση των όρων συμμετοχής και της ανωνυμίας τους.

2.4 - Πειραματική διαδικασία

Οι συμμετέχοντες εισέρχονταν στη σκηνή του αμφιθεάτρου ένας-ένας, φορώντας μαύρα ρούχα, ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή αντίθεση με τον λευκό τοίχο του φόντου, διευκολύνοντας τον αλγόριθμο παρακολούθησης κίνησης (blob tracking).

Η κάμερα είχε τοποθετηθεί σταθερά σε κατάλληλη απόσταση, εξασφαλίζοντας ολόσωμη λήψη κάθε συμμετέχοντα. Ο φωτισμός της σκηνής ήταν διάχυτος και ομοιόμορφος, μειώνοντας την παρουσία σκιών στο υπόβαθρο και συμβάλλοντας σε καθαρότερη ανάλυση εικόνας.

Οι συμμετέχοντες δεν είχαν εκ των προτέρων πληροφορηθεί για το περιεχόμενο των ηχητικών δειγμάτων, ώστε να εξασφαλιστεί η αμερόληπτη και αυθόρμητη κίνηση τους.

Η διαδικασία ακολουθούσε συγκεκριμένα βήματα:

1. Η καταγραφή ξεκινούσε μέσω του λογισμικού Photo Booth στον πρώτο υπολογιστή.
2. Με δικό μας νεύμα, ο συμμετέχοντας καλείτο να χτυπήσει ένα παλαμάκι μπροστά από το σώμα του, λειτουργώντας ως φυσικός «χρονικός δείκτης» για τη μετέπειτα ευθυγράμμιση ήχου και εικόνας.
3. Μετά από περίπου 1 δευτερόλεπτο, ξεκινούσε η αναπαραγωγή του ηχητικού αποσπάσματος από το δεύτερο υπολογιστή.
4. Κατά τη διάρκεια του κομματιού, ο συμμετέχοντας κινήθηκε ελεύθερα με βάση τον ρυθμό, εκφράζοντας αυθόρμητα την αντίληψή του για το groove μέσω κινήσεων του σώματος, των άκρων και του κεφαλιού.
5. Με την ολοκλήρωση του μουσικού αποσπάσματος, και μετά από παύση 1 δευτερολέπτου, ο συμμετέχων χτυπούσε ξανά παλαμάκι, δηλώνοντας το τέλος της καταγραφής.
6. Ακολούθως, αποχωρούσε από τη σκηνή, και ο επόμενος συμμετέχοντας ακολουθούσε την ίδια ακριβώς διαδικασία.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος πραγματοποιήθηκαν έλεγχοι ποιότητας στα βίντεο για:

- Φωτισμό,
- Ευκρίνεια λήψης,
- Καταλληλότητα φόντου.

Στα πρώτα στάδια των λήψεων πραγματοποιήσαμε δοκιμές στο λογισμικό MATLAB, ώστε να επιβεβαιωθεί η σωστή απεικόνιση των αποτελεσμάτων κίνησης.

Στο τέλος των λήψεων, καταγράψαμε ένα κενό βίντεο διάρκειας 5 δευτερολέπτων, εστιάζοντας μόνο στον τοίχο χωρίς κανένα αντικείμενο ή άτομο, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι η ίδια η κάμερα δεν παρήγαγε μικροκινήσεις ή θόρυβο εικόνας που θα μπορούσε να αλλοιώσει τις μετρήσεις.

Παρακολουθώντας τα βίντεο στο λογισμικό Cap Cut, μετρήσαμε με ακρίβεια τον χρονικό κενό μεταξύ του πρώτου παλαμακίου και του πρώτου ηχητικού γεγονότος (1ο kick) με αποτέλεσμα να δημιουργήσουμε ένα πίνακα με 6 χρονικές περιοχές σε πίνακα CSV αρχείου όπου η κάθε χρονική περιοχή αντιστοιχούσε στο κάθε μοτίβο του ηχητικού αποσπάσματος των drums. Η διάρκεια αυτών των χρονικών περιοχών όπως και των μοτίβων ήταν 17.5 δευτερόλεπτα και ήταν ίσα με 8 μέτρα.

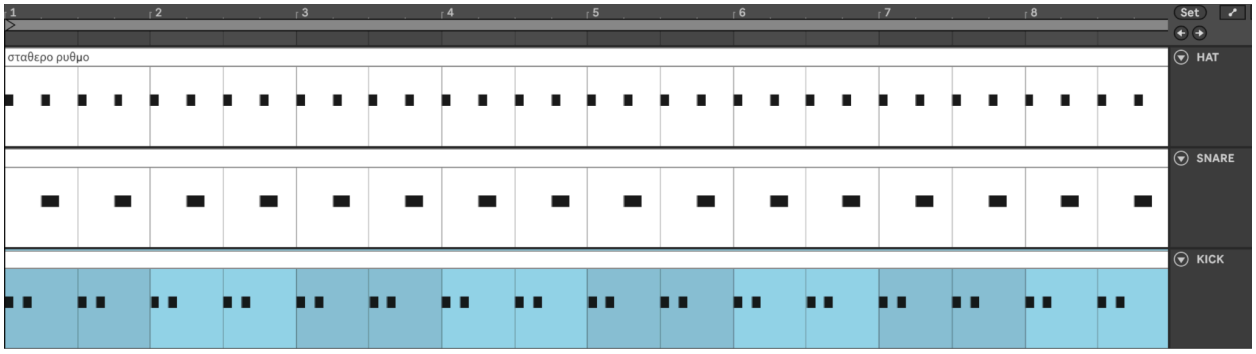
2.5 - Ηχητικά Ερεθίσματα

Τα ρυθμικά ερεθίσματα που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα δημιουργήθηκαν μέσω του λογισμικού μουσικής παραγωγής Ableton Live, σε ψηφιακή πλατφόρμα D.A.W (Digital Audio Workstation). Το ηχητικό υλικό αποτέλεσε μία απλή αλλά λειτουργικά δομημένη ρυθμική παραγωγή, βασισμένη σε τρία βασικά στοιχεία των drums: Kick, Snare και Hi-Hat. Η συνολική διάρκεια του ηχητικού αποσπάσματος ήταν 105 δευτερόλεπτα, κατανεμημένα σε 48 μουσικά μέτρα, με tempo 110 bpm.

Συγκεκριμένα, σχεδιάστηκαν 6 διακριτά ρυθμικά μοτίβα που ενσωματώνουν προοδευτικά αυξανόμενο βαθμό συγκοπής (syncopation). Η εξέλιξη του ρυθμικού υλικού ακολουθούσε τη μορφή:

- Μέτρα 1–8: Σταθερός ρυθμός χωρίς συγκοπές.
- Μέτρα 9–16: Χαμηλός βαθμός συγκοπής.
- Μέτρα 17–24: Χαμηλό-μεσαίος βαθμός συγκοπής.
- Μέτρα 25–32: Μεσαίος βαθμός συγκοπής.
- Μέτρα 33–40: Μεσαίο-υψηλός βαθμός συγκοπής.
- Μέτρα 41–48: Υψηλός βαθμός συγκοπής.

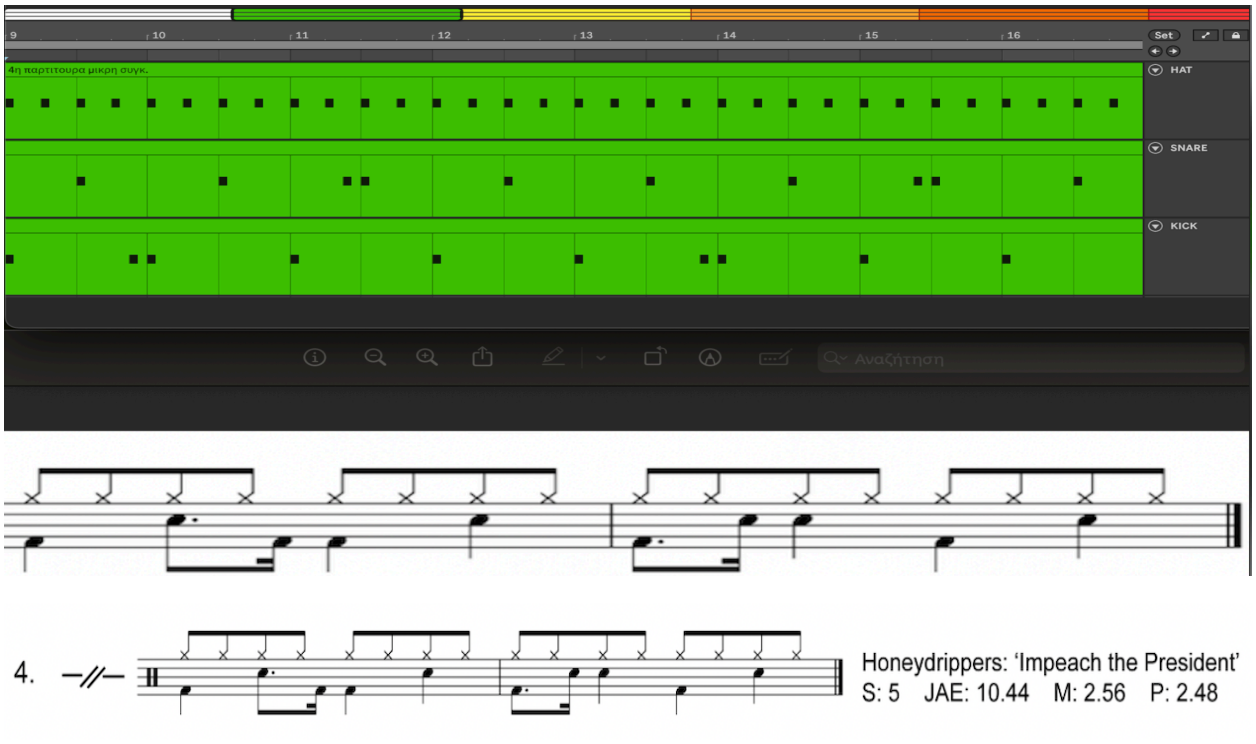
Για το σταθερό ρυθμό επιλέξαμε τη σύνθεση ενός απλού “back-beat” pattern, με στόχο την καθαρότητα και, την ελάχιστη ρυθμική πολυπλοκότητα, ώστε μαζί με την προοδευτικά εισαγόμενη συγκοπή να προκαλεί την αίσθηση προσμονής στους συμμετέχοντες. Η παραπάνω σύνθεση έγινε σε σύστημα D.A.W (Ableton Live) (εικόνα 8) τοποθετόντας χειροκίνητα ήχους από M.I.D.I για την πιο εύστοχη τοποθέτηση των beats πάνω στο πλέγμα.



Εικόνα 8 - Δημιουργία Back Beat Pattern (Σταθερός Ρυθμός)

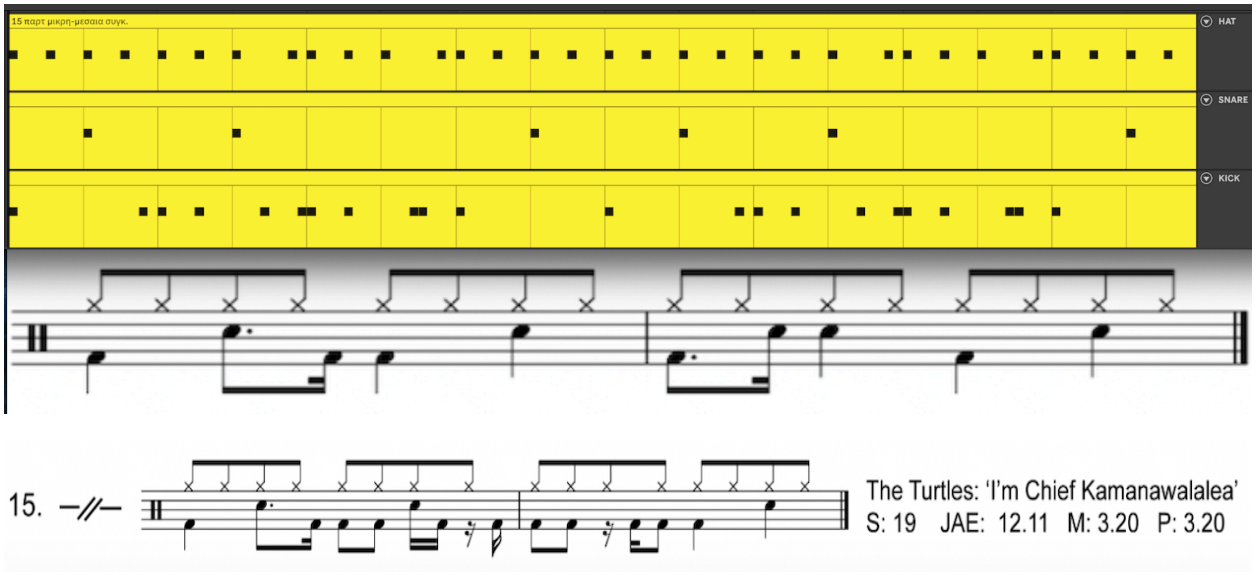
Για τη διασφάλιση της εγκυρότητας και αντικειμενικότητας των συγκοπικών επιπέδων που χρησιμοποιήθηκαν, βασιστήκαμε σε προηγούμενη πειραματική μελέτη της Witek et al., 2014. Στη συγκεκριμένη μελέτη, οι ερευνητές ανέλυσαν 50 ρυθμικά μοτίβα (είτε προερχόμενα από υπαρκτά μουσικά έργα είτε πρωτότυπα), κατατάσσοντάς τα σε συνεχή κλίμακα συγκοπής από 0 έως 81, με βάση την πολυπλοκότητα του ρυθμού. Στην παρούσα εργασία επιλέξαμε δειγματοληπτικά 5 ρυθμικά μοτίβα των οποίων η σύνθεση περιγράφεται στις παρακάτω εικόνες.

- Χαμηλό επίπεδο συγκοπής: S5 κατά Witek et.al 2014



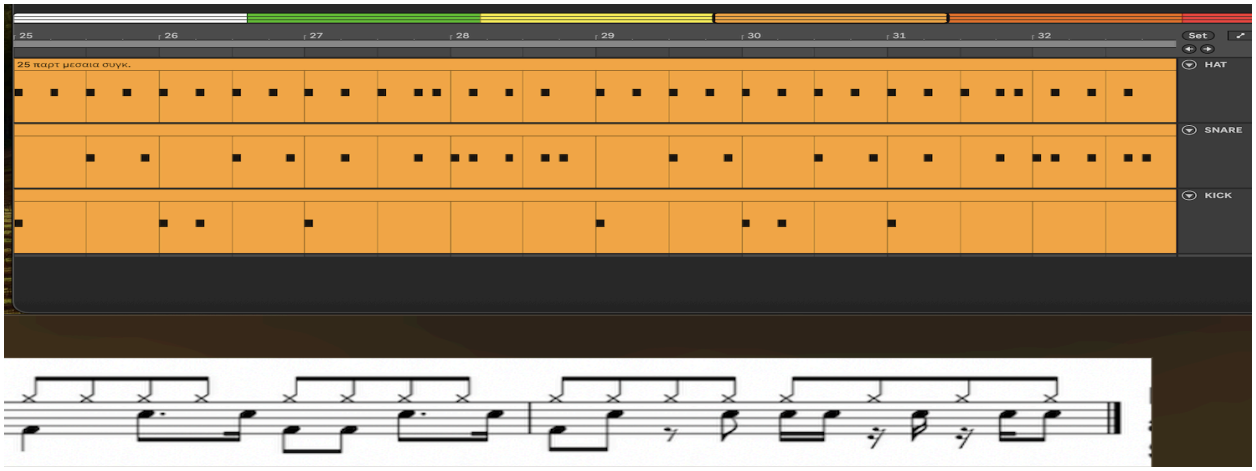
Εικόνα 9 - Τοποθέτηση beats μέσω MIDI ήχων στο Ableton Live βάσει παρτιτούρας 4 για βαθμό συγκοπής 5 (χαμηλή) κατά Witek et. al 2014
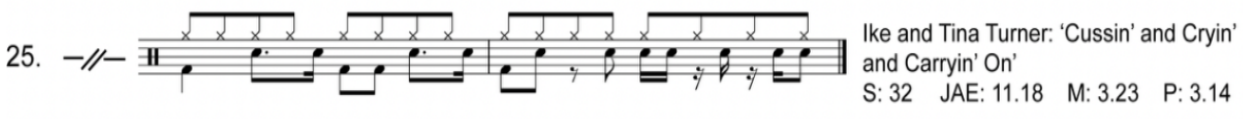
- Χαμηλό-μεσαίο επίπεδο συγκοπής: S19 κατά Witek et.al 2014



Εικόνα 10 - Τοποθέτηση beats μέσω MIDI ήχων στο Ableton Live βάσει παρτιτούρας 15 για βαθμό συγκοπής 19 (χαμηλο-μεσαία) κατά Witek et.al 2014

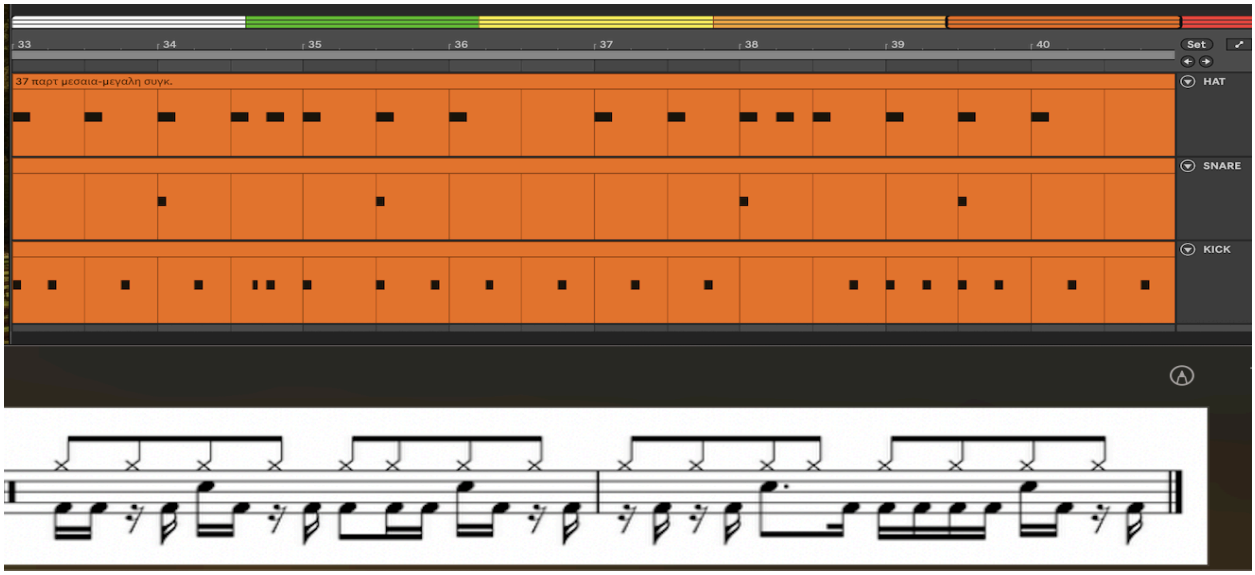
- Μεσαίο επίπεδο συγκοπής: S32 κατά Witek et.al 2014
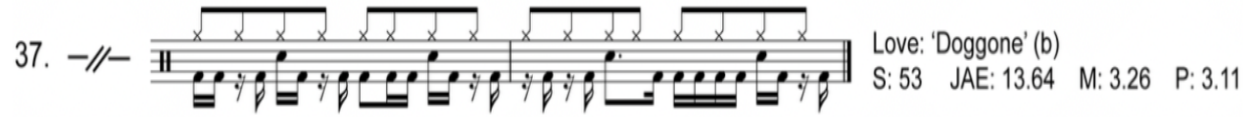




Εικόνα 11 - Τοποθέτηση beats βάσει παρτιτούρας 25, με βαθμό συγκοπής 32*, κατά* Witek et. al 2014 *(*Μεσαία συγκοπή)

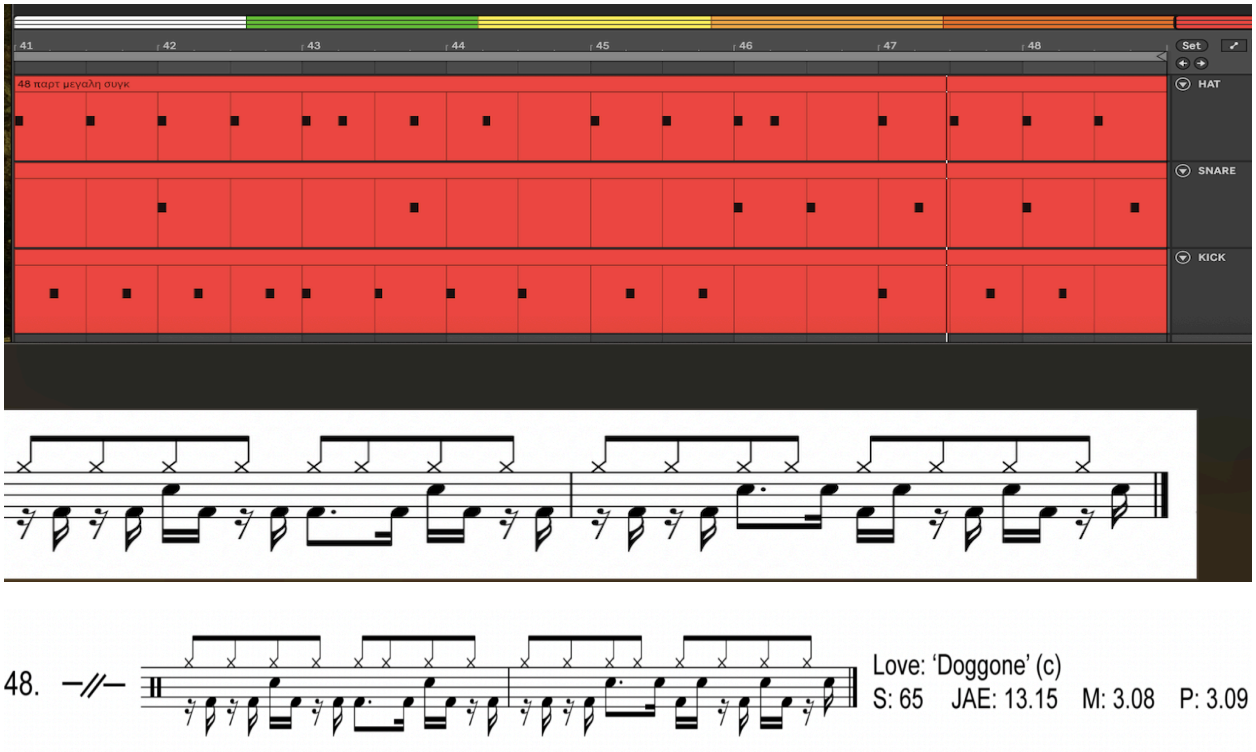
- Μεσαίο-υψηλό επίπεδο συγκοπής: S53 κατά Witek et.al 2014





Εικόνα 12 - Τοποθέτηση beats βάσει παρτιτούρας 37, με βαθμό συγκοπής 53, Witek et. al 2014 *(*Μεσαίο-Υψηλή Συγκοπή)

- Υψηλό επίπεδο συγκοπής: S65 κατά Witek et.al 2014



*Εικόνα 13 - Τοποθέτηση beats βάσει παρτιτούρας 48, με βαθμό συγκοπής 65,*Witek et. al 2014 *(Υψηλή Συγκοπή)*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΑΝΑΛΥΣΗ

Προετοιμασία δεδομένων

Παρακολουθώντας τα βίντεο στο λογισμικό Cap Cut, μετρήσαμε με ακρίβεια τον χρονικό κενό ανάμεσα στο πρώτο παλαμάκι και στο πρώτο ηχητικό γεγονός (1ο kick), με αποτέλεσμα να δημιουργήσουμε ένα πίνακα με 6 χρονικές περιοχές σε πίνακα CSV αρχείου, όπου η κάθε χρονική περιοχή αντιστοιχεί στο εκάστοτε ρυθμικό μοτίβο του ηχητικού αποσπάσματος των drums. Η διάρκεια αυτών των χρονικών περιοχών όπως και των μοτίβων ήταν 17.5 δευτερόλεπτα και αντιστοιχούσε σε 8 μέτρα.

Ανάλυση

Για τον υπολογισμό του QoM αρχικά τρέξαμε τον κώδικα για κάθε συμμετέχοντα ξεχωριστά (Block-by-Block). Στη συνέχεια όμως, για διευκόλυνση της διαδικασίας, δημιουργήσαμε έναν βρόχο (10) επαναλήψεων (βάσει της μεταβλητής p) για το σύνολο του πλήθους των συμμετεχόντων (nParticipants) που αντιστοιχούν στα βίντεο που είναι αποθηκευμένα στον φάκελο.

Παρακάτω ακολουθεί αναλυτική περιγραφή της διαδικασίας που ακολουθεί ο κώδικας μέσω στο MATLAB με σκοπό τον υπολογισμό του Quantity of Motion (QoM) από τα βίντεο των 10 συμμετεχόντων μέσω τεχνικών ανάλυσης εικόνας με αναφορά σε συγκεκριμένο συμμετέχοντα (Participant 1) . Η διαδικασία περιλαμβάνει τα εξής στάδια :

3.1 - Δημιουργία Δομής Επανάληψης (Loop)

Το παρακάτω block κώδικα (εικόνα 14) ορίζει ότι υπάρχουν 10 συμμετέχοντες και στη συνέχεια εκτελεί μια επαναληπτική διαδικασία (Loop) μία φορά για κάθε συμμετέχοντα.

```
23        % number of participants
24        nParticipants=10;
25
26
27        for p = 1:nParticipants
```

Εικόνα 14 - Δομή Επανάληψης

1) Στη σειρά 24, δημιουργεί μια μεταβλητή με όνομα nParticipants και της δίνει την τιμή 10. Δηλαδή, καθορίζει ότι υπάρχουν 10 συμμετέχοντες.
2) Στη σειρά 27, ξεκινά μια δομή επανάληψης (loop). Η μεταβλητή p παίρνει διαδοχικά τις τιμές από 1 έως 10, δηλαδή εκτελείται 10 φορές, μία για κάθε συμμετέχοντα.

3.2 - Οργάνωση αρχείων και αρχική προετοιμασία

Στο συγκεκριμένο block κώδικα (όπως φαίνεται στην εικόνα 15) καθορίζονται τα paths εισόδου/εξόδου για τα βίντεο και τα αποτελέσματα (CSV, plots).

```
11  %% Change directory to "Current folder"
12  % cd E:\stepadou\Documents\MATLAB\me\
13  cd /Users/jimbatsis/Documents/MATLAB/
14  % This is where I will be reading mocap data from and I will be storing my scripts, data values etc during code execution
15
```

Εικόνα 15 - Καθορισμός Paths

1) Συγκεκριμένα στη σειρά 13 είναι να αλλάξει τον τρέχοντα φάκελο εργασίας (working directory) στο MATLAB, έτσι ώστε όλα τα scripts, τα δεδομένα, τα βίντεο και οι συναρτήσεις που χρειάζεται το πείραμα να είναι προσβάσιμα από εκεί.

Στο παρακάτω κομμάτι κώδικα (βλέπε εικόνα 16) φορτώνονται όλες οι απαραίτητες για την ανάλυση βιβλιοθήκες από τον φάκελο " library ".

```
16  %% Load function paths (specific functions me or others have developed for the specific project/script)
17  addpath(genpath('library\'))
18  % outDirectory = 'E:\stepadou\Documents\MATLAB\me\out';
19  % Define output directory
20  inDirectory = 'QoM/data/';
21  outDirectory = 'QoM/out/';
22
```

Εικόνα 16 - Δεδομένα και αποτελέσματα

1) Η εντολή στη σειρά 17 addpath(genpath('library\')): προσθέτει στο MATLAB path όλο τον φάκελο " library "και όλους τους υποφακέλους του.
2) Η εντολή στη σειρά 20, inDirectory, καθορίζει τον φάκελο από τον οποίο θα φορτωθούν τα δεδομένα εισόδου, π.χ. τα βίντεο, τα time windows CSV κτλ.
3) Η εντολή στη σειρά 21, outDirectory: καθορίζει τον φάκελο στον οποίο θα αποθηκευτούν τα αποτελέσματα όπως αρχεία CSV με Quantity of Motion, γραφήματα (plots), trimmed βίντεο κλπ.

Στο επόμενο block (παράδειγμα εικόνα 17), ο κώδικας φορτώνει το αρχείο βίντεο του εκάστοτε συμμετέχοντα για περαιτέρω επεξεργασία (η ανάλυση γίνεται ξεχωριστά για τον καθένα).

```
23  %% Block 1: Trim video with ffmpeg (assuming you already have this function and trimmed video)
24  videoNam = 'participant_1';
25  videoBaseName = sprintf('%s%s', inDirectory, 'videos/original/');
26  videoName = sprintf('%s%s%s', videoBaseName, videoNam, '.mp4');
27  video = VideoReader(videoName);
28  durationInSeconds = video.Duration;
```

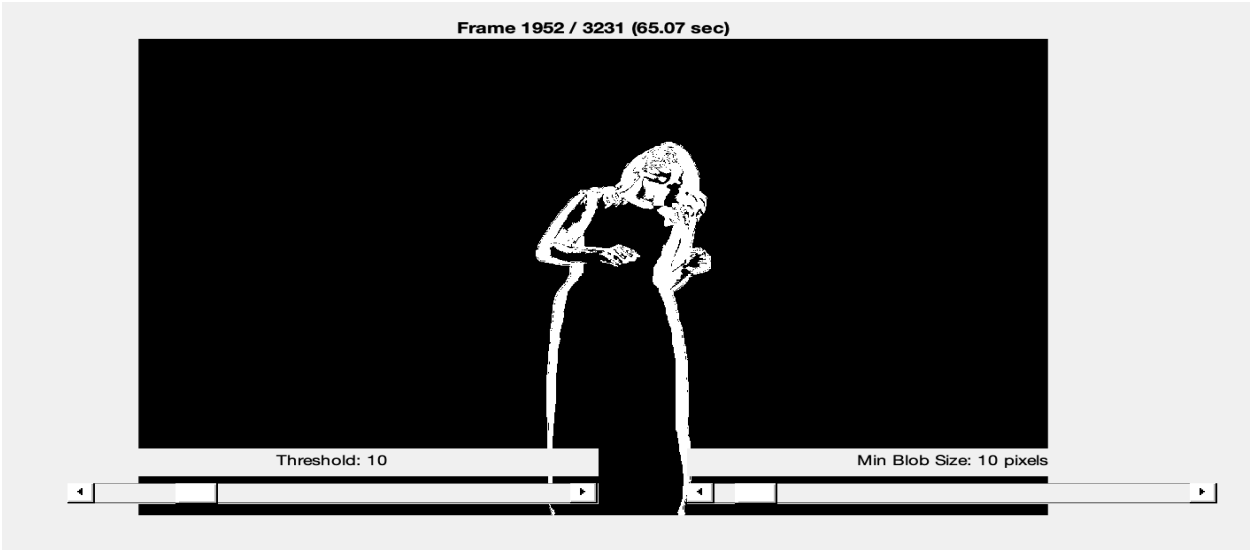
Εικόνα 17 - Εισαγωγή βίντεο

1) Η εντολή στη σειρά 24, ορίζει το όνομα του αρχείου βίντεο ανάλογα με τον συμμετέχοντα χωρίς την κατάληξη .mp4. Το κάθε αρχείο βίντεο έχει ονομασία σύμφωνα με τον συμμετέχοντα π.χ. participant_1.mp4.
2) Η εντολή στη σειρά 25, φτιάχνει το μονοπάτι προς τον φάκελο όπου βρίσκονται τα αρχικά βίντεο (original), π.χ QoM/data/videos/original/
3) Η εντολή στη σειρά 26, ενώνει όλα τα κομμάτια και καταλήγει στο πλήρες path του αρχείου: QoM/data/videos/original/participant_1.mp4
4) Τέλος, στη σειρές 27-28, διαβάζει το βίντεο μέσω VideoReader και εξάγει τη διάρκειά του.

3.3 - Ρύθμιση παραμέτρων για binarization & Υπολογιμός QoM

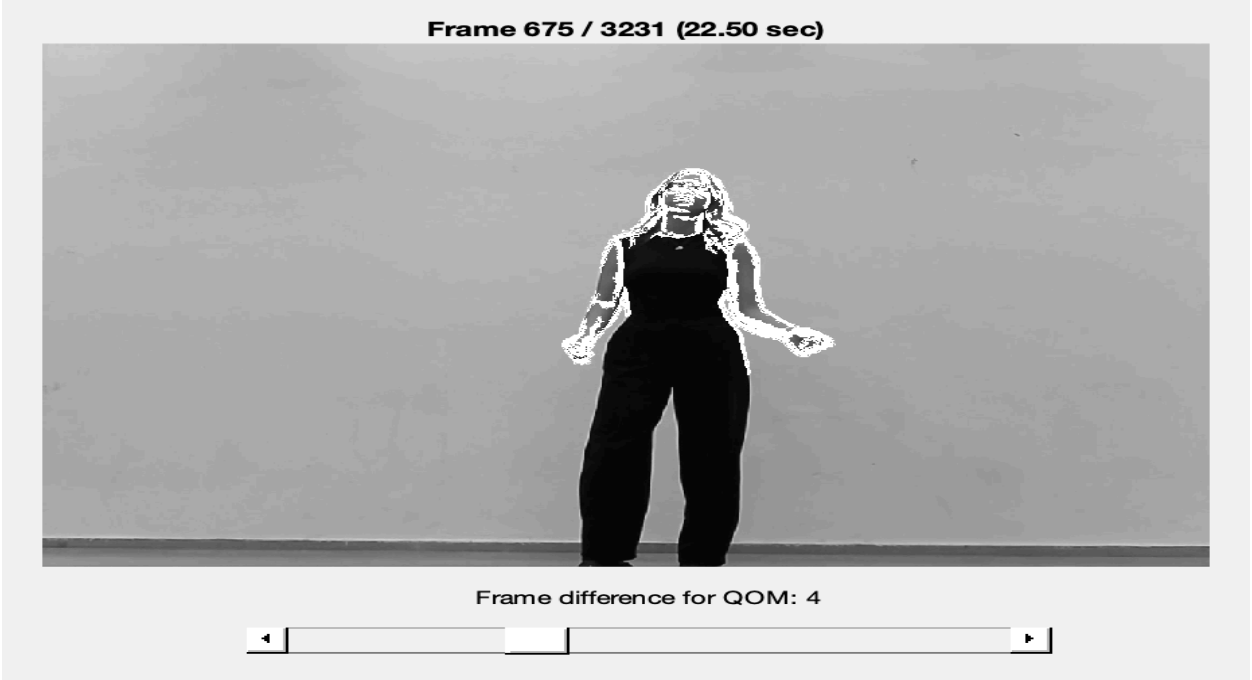
Σε αυτό το block (εικόνα 20) ο κώδικας φορτώνει το trimmed βίντεο, διαβάζει όλα τα frames και τα μετατρέπει σε grayscale, υπολογίζει την ποσότητα κίνησης ανά frame, εφαρμόζει εξομάλυνση και προετοιμάζει τον χρονικό άξονα για απεικόνιση. Το κατώφλι φωτεινότητας (threshold) (όπως φαίνεται στην εικόνα 18) ρυθμίστηκε χειροκίνητα για κάθε συμμετέχοντα ξεχωριστά, δημιουργώντας προεπισκόπηση του αποτελέσματος κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του κώδικα (σειρά 56), έτσι ώστε να πετύχουμε τη βέλτιστη μετατροπή της εικόνας από αποχρώσεις του γκρι σε ασπρόμαυρο. Στη δική μας περίπτωση είχε εύρος 0-50 και το ορίσαμε στο 10 για να αποφύγουμε είτε ανεπιθύμητο θόρυβο (Χαμηλό Threshold) είτε την απώλεια ανεπαίσθητων αλλά σημαντικών κινήσεων. (Υψηλό Threshold).

-



Εικόνα 18 - Καθορισμός Τιμής Threshold

Η χρονική απόσταση σε frames Frame Difference (βλέπε εικόνα 19) που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό του Quantity of Motion ορίστηκε επίσης χειροκίνητα για κάθε συμμετέχοντα ξεχωριστά, δημιουργώντας προεπισκόπηση του αποτελέσματος κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του κώδικα (σειρά 57), με σκοπό το βέλτιστο υπολογισμό του QoM (μεγαλύτερο πλήθος frames (κοντά στο 10) για να αποτυπώσει τις περιορισμένες και αργές κινήσεις κάποιων συμμετεχόντων και μικρότερο πλήθος (κοντά στο 1) για όσους εκτελούσαν γρήγορες και μεγάλες κινήσεις).



Εικόνα 19 - *Καθορισμός Τιμής Frame Difference*

```
%% Block 2 & 3: Load trimmed video and compute quantity of motion
fprintf('Selected threshold: %d\n', threshold);
fprintf('Selected timeDiffFrames (frame difference) = %d\n', timeDiffFrames);

videoFile = videoName_tr;  % Use trimmed video filename
v = VideoReader(videoFile);
fps = v.FrameRate;

% Parameters you can adjust
%timeDiffFrames = 3;   % frames apart to compute difference
%threshold = 10;       % threshold for binarization of difference
smoothWindow = 40;     % smoothing window length for quantity of motion

% Preallocate maximum frames array
maxFrames = floor(v.Duration * fps);
framesGray = zeros(v.Height, v.Width, maxFrames, 'uint8');

% Read all frames as grayscale safely
k = 1;
while hasFrame(v)
    frame = readFrame(v);
    framesGray(:,:,k) = rgb2gray(frame);
    k = k + 1;
end
totalFrames = k - 1;
fprintf('Frames actually read: %d\n', totalFrames);

% Calculate quantity of motion (QOM)
quantityMotion = zeros(totalFrames - timeDiffFrames, 1);
for k = 1:(totalFrames - timeDiffFrames)
    diffFrame = abs(double(framesGray(:,:,k + timeDiffFrames)) - double(framesGray(:,:,k)));
    bw = diffFrame > threshold;
    quantityMotion(k) = sum(bw(:));
end

% Smooth quantity of motion if requested
if smoothWindow > 1
    quantityMotionSmooth = movmean(quantityMotion, smoothWindow);
else
    quantityMotionSmooth = quantityMotion;
end

% Create time vector for plotting (in seconds)
timeVec = ((1:length(quantityMotion)) + timeDiffFrames - 1) / fps;
```

Εικόνα 20 - Καθορισμός Threshold & Time Difference

1) στις σειρές 59-61, ο κώδικας φορτώνει τα trimmed βίντεο και αποθηκεύει τον αριθμό των frames ανά δευτερόλεπτο (frames per second, fps).
2) Στη σειρά 66, ορίζει το μέγεθος του "Smooth Window", για τη μείωση του θορύβου στον υπολογισμό του QoM.
3) Στις σειρές 69-70, δημιουργεί έναν πίνακα για να αποθηκεύσει τα frames σε μορφή grayscale (αποχρώσεις του γκρι).
4) Στις σειρές 73-81, διαβάζει όλα τα frames από το βίντεο, τα μετατρέπει σε grayscale τα αποθηκεύει και εμφανίζει πόσα frames αναγνώστηκαν συνολικά.
5) Στις σειρές 83-88, κάνει υπολογισμό του QoM. Πιο συγκεκριμένα, για κάθε frame, υπολογίζει την απόλυτη διαφορά με ένα μεταγενέστερο frame (όπως ορίζεται από το timeDiffFrames), δημιουργεί ένα δυαδικό (binary) frame όπου τα pixels με διαφορά μεγαλύτερη από το threshold παίρνουν τιμή, μετράει πόσα pixels "κινήθηκαν" = QoM για το συγκεκριμένο frame.
6) Στις σειρές 91-95, εφαρμόζει έναν κινούμενο μέσο όρο για να μειώσει τον θόρυβο στην καμπύλη κίνησης.
7) Στη σειρά 98, μετατρέπει τον αριθμό των frames σε δευτερόλεπτα, ώστε να μπορεί να γίνει σωστή απεικόνιση στο γράφημα.

3.4 - Κανονικοποίηση Τιμών (Normalization)

Το συγκεκριμένο block κώδικα (εικόνα 21) υπολογίζει τη μέγιστη τιμή του quantityMotionSmooth και κανονικοποιεί τα quantityMotionSmooth και quantityMotion ώστε οι τιμές τους να κυμαίνονται μεταξύ 0 και 1.

```
109    % --- NORMALIZE QoM (change b) ---
110    maxQoM = max(quantityMotionSmooth);
111    quantityMotionSmooth = quantityMotionSmooth / maxQoM;
112    quantityMotion = quantityMotion / maxQoM;
```

Εικόνα 21 - Κανονικοποίηση Τιμών

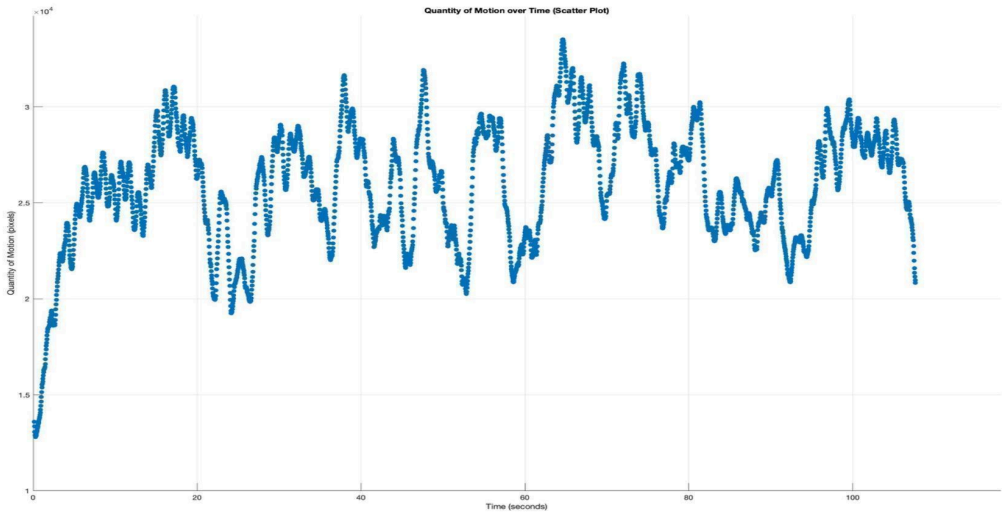
1) Στη σειρά 110, υπολογίζει τη μέγιστη τιμή του πίνακα/διανύσματος quantityMotionSmooth και τη βάζει στη μεταβλητή maxQoM. Έτσι βρίσκουμε ποια είναι η μεγαλύτερη τιμή κίνησης που έχει καταγραφεί.
2) Στη σειρά 111, διαιρεί κάθε στοιχείο του πίνακα quantityMotionSmooth με τη μέγιστη τιμή maxQoM. Έτσι όλα τα δεδομένα “κανονικοποιούνται” ώστε η μέγιστη τιμή να γίνει 1.
3) Στη σειρά 112, κάνει το ίδιο και για τον πίνακα quantityMotion. Διαιρεί όλα τα στοιχεία με το ίδιο μέγιστο που βρέθηκε πριν.

3.5 - Δημιουργία Scatter Plot

Σε αυτό το block (όπως φαίνεται στην εικόνα 22) ο κώδικας δημιουργεί ένα διάγραμμα διασποράς (scatter plot) (βλέπε εικόνα 23) που απεικονίζει την εξομαλυμένη κίνηση (Quantity of Motion Smooth) στο χρόνο, δίνοντας μια καθαρή εικόνα για τη ροή της κινητικής δραστηριότητας του συμμετέχοντα. Αυτό το διάγραμμα, δείχνει με ακρίβεια πότε εμφανίζεται μεγαλύτερη ή μικρότερη κινητική δραστηριότητα, είναι χρήσιμο για οπτική σύγκριση μεταξύ συμμετεχόντων ή μεταξύ τμημάτων του ίδιου βίντεο (π.χ. ρυθμικά μοτίβα με διαφορετικά επίπεδα συγκοπής). Λόγω της εξομάλυνσης (quantityMotionSmooth), αποφεύγεται ο "θόρυβος" των μικροκινήσεων και φαίνεται πιο καθαρά το ρυθμικό pattern.

```
100     %%
101     % Plot smoothed quantity of motion
102     scatter(timeVec, quantityMotionSmooth, 40, 'filled')
103     xlabel('Time (seconds)')
104     ylabel('Quantity of Motion (pixels)')
105     title('Quantity of Motion over Time (Scatter Plot)')
106     grid on
107
```

- *Εικόνα 22 - Δημιουργία Scatter Plot*



- *Εικόνα 23 - Scatter Plot*

1)Συγκεκριμένα, στη σειρά 102 δημιουργεί διάγραμμα (scatter plot): με τις εξής μεταβλητές :

1) timeVec: τιμές στον άξονα x (χρόνος σε δευτερόλεπτα),
2) quantityMotionSmooth: τιμές στον άξονα y (εξομαλυμένη ποσότητα κίνησης),

3) 40: μέγεθος των σημείων (pixel size),

4) 'filled': τα σημεία είναι συμπαγή (γεμάτα χρώμα).

2) Στη σειρά 103 προσθέτει τίτλο στον άξονα X: "Time (seconds)"

3) Στη σειρά 104 προσθέτει τίτλο στον άξονα Y: "Quantity of Motion (pixels)"

4) Στη σειρά 105 προσθέτει τίτλο στο γράφημα: "Quantity of Motion over Time (Scatter Plot)"

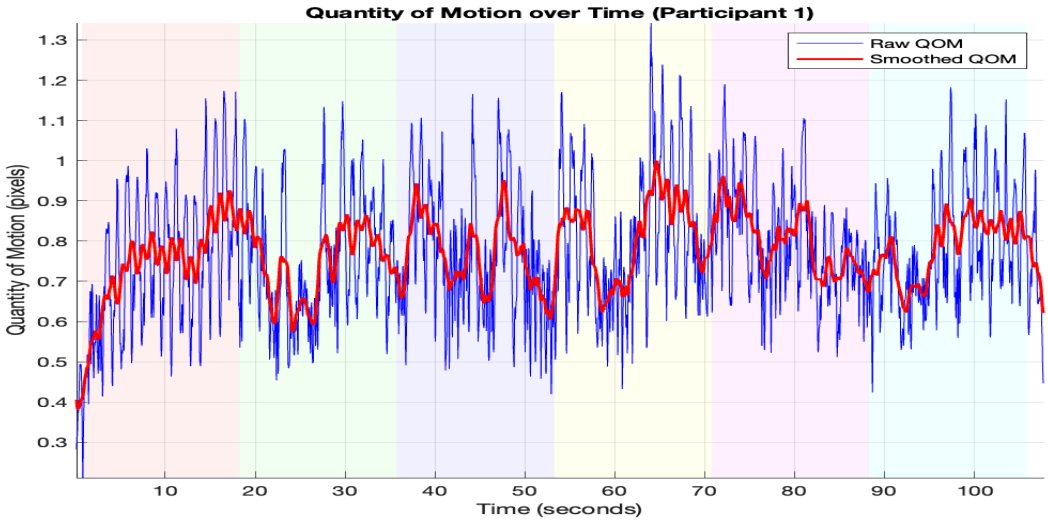
5) Στη σειρά 106 προσθέτει grid (πλέγμα) για καλύτερη ορατότητα και αναγνωσιμότητα των τιμών.

3.6 - Δημιουργία Raw & Smoothed QoM Plot

Στο παρακάτω block (παράδειγμα εικόνα 24) ο κώδικας δημιουργεί ένα συνδυαστικό γράφημα που απεικονίζει την εξέλιξη της κίνησης στο χρόνο, τόσο στην ακατέργαστη μορφή (Raw QOM) όσο και στην εξομαλυμένη (Smoothed QOM) (εικόνα 25). Επίσης κάνοντας σχόλια τις σειρές 110-111 δημιουργεί MONO το Smoothed QoM, ενώ κάνοντας σχόλια τις σειρές 112-113 δημιουργεί MONO το Raw QoM.

```
108    %%
109    % Plot raw and smoothed quantity of motion curves
110    figure;
111    plot(timeVec, quantityMotion, '-b', 'DisplayName', 'Raw QOM');
112    hold on;
113    plot(timeVec, quantityMotionSmooth, '-r', 'LineWidth', 1.5, 'DisplayName', 'Smoothed QOM');
114    xlabel('Time (seconds)');
115    ylabel('Quantity of Motion (pixels)');
116    legend();
117    title('Quantity of Motion over Time');
118    grid on;
119
```

Εικόνα 24 - Δημιουργία Raw & Smmothed Plot



-

Εικόνα 25 - Raw & Smoothed Plot

1) Στη σειρά 110, ανοίγει ένα νέο παράθυρο για να εμφανιστεί το γράφημα.
2) Στη σειρά 111, σχεδιάζει την ακατέργαστη ποσότητα κίνησης (Raw QOM) με μπλε γραμμή (`-b`) στο χρόνο.
3) Στη σειρά 112, διατηρεί το ίδιο παράθυρο ανοιχτό ώστε να σχεδιαστεί και δεύτερη γραμμή πάνω στο ίδιο γράφημα.
4) Στη σειρά 113, σχεδιάζει τη γραμμή εξομαλυμένης ποσότητας κίνησης με κόκκινη γραμμή (`-r`) και πάχος 1.5. Αυτό κάνει το γράφημα πιο ευανάγνωστο και εμφανίζει τις γενικές τάσεις χωρίς μικροδιακυμάνσεις.
5) Στις σειρές 114-115, δημιουργεί κατάλληλους τίτλους στους άξονες: χρόνος (x), κίνηση σε pixels (y).
6) Στις σειρές 117-118 βάζει τίτλο στο γράφημα και ενεργοποιεί πλέγμα (grid) για καλύτερη ανάγνωση.

3.7 - Χρωματισμός Χρονικών Παραθύρων

Το παρακάτω block κώδικα (όπως φαίνεται στην εικόνα 26) σχεδιάζει ημιδιαφανή, παστέλ χρωματισμένα ορθογώνια (shaded patches) πάνω στο γράφημα για κάθε time window, εναλλάσσοντας χρώματα και τοποθετώντας τα στο υπόβαθρο.

```
189   numWindows = size(timeWindows, 1);
190   pastelColors = [
191       1.0 0.8 0.8;  % light pink
192       0.8 1.0 0.8;  % light green
193       0.8 0.8 1.0;  % light blue
194       1.0 1.0 0.8;  % light yellow
195       1.0 0.8 1.0;  % light magenta
196       0.8 1.0 1.0;  % light cyan
197   ];
198
199   % Draw shaded patches
200   for i = 1:numWindows
201       colorIdx = mod(i-1, size(pastelColors,1)) + 1;
202       x = [timeWindows(i,1) timeWindows(i,2) timeWindows(i,2) timeWindows(i,1)];
203       y = [ylim_manual(1) ylim_manual(1) ylim_manual(2) ylim_manual(2)];
204       patchHandle = patch(x, y, pastelColors(colorIdx,:), 'FaceAlpha', 0.3, 'EdgeColor', 'none', 'HandleVisibility'
205       uistack(patchHandle, 'bottom');
206   end
```

Εικόνα 26 - Χρωματισμός Χρονικών Παραθύρων

1) Στη σειρά 189, υπολογίζει πόσες γραμμές έχει ο πίνακας timeWindows. Κάθε γραμμή αντιπροσωπεύει ένα χρονικό παράθυρο (με start και end χρόνο). Έτσι η numWindows λέει πόσα παράθυρα έχουμε συνολικά.
2) Στις σειρές 190-197, ορίζει έναν πίνακα με RGB τιμές για παστέλ χρώματα. Κάθε γραμμή είναι ένα χρώμα.
3) Στη σειρά 200, ξεκινάει βρόχο που περνάει από όλα τα χρονικά παράθυρα.
4) Στις σειρές 201-203, επιλέγει ποιο χρώμα θα χρησιμοποιηθεί για το i παράθυρο. Η `mod` εξασφαλίζει ότι αν έχουμε περισσότερα παράθυρα από χρώματα, τα χρώματα επαναλαμβάνονται κυκλικά. Φτιάχνει τις συντεταγμένες του παραθύρου σαν ορθογώνιο: `x` είναι τα όρια του χρόνου (αριστερό και δεξί όριο), `y` είναι τα όρια του άξονα y (ylim_manual). Με αυτό δημιουργείται ένα παραλληλόγραμμο.
5) Στη σειρά 204, ζωγραφίζει το ορθογώνιο (patch): με το επιλεγμένο παστέλ χρώμα, με διαφάνεια 0.3 (FaceAlpha), χωρίς περίγραμμα (EdgeColor = none), και χωρίς να φαίνεται στο legend (HandleVisibility = off).
6) Στη σειρά 205, στέλνει το patch στο πίσω μέρος ώστε να μην κρύβει τα δεδομένα της γραμμής (π.χ. καμπύλες).

3.8 - Ανάλυση ανά χρονική περιοχή

Αυτό το block (βλέπε εικόνα 27) ο κώδικας εξάγει τα δεδομένα κίνησης QoM που υπολογίστηκαν από το βίντεο και τα αποθηκεύει σε αρχείο CSV, ώστε να μπορούν να αναλυθούν ή να χρησιμοποιηθούν σε άλλες εφαρμογές όπως Excel. Δηλαδή, δημιουργεί ένα αρχείο `.csv` με το χρονικό προφίλ της κίνησης του συμμετέχοντα που περιέχει τόσο την Raw όσο και την Smoothed εκδοχή της κίνησης.

```
120    %% Export quantity of motion data to CSV
121    % Create full file path
122    fullPath = sprintf('%s%s%s%s', outDirectory, 'qom_csvs/', videoNam, '_QoM.csv');
123    %fullPath = fullfile(outDirectory, fileName);
124
125    motionTable = table(timeVec', quantityMotion, quantityMotionSmooth, ...
126        'VariableNames', {'Time_s', 'QuantityMotionRaw', 'QuantityMotionSmooth'});
127
128    writetable(motionTable, fullPath);
129    fprintf('Quantity of motion data exported to %s\n', fullPath);
```

Εικόνα 27 - Ανάλυση ανά χρονική περιοχή

1) Στη σειρά 122-123, καθορίζει την πλήρη διαδρομή και όνομα αρχείου για το CSV που θα δημιουργηθεί. Το αρχείο θα αποθηκευτεί στον φάκελο: QoM/out/qom_csvs/ με όνομα participant_x .
2) Στις σειρές 125-126, δημιουργεί έναν πίνακα δεδομένων που περιλαμβάνει:
    - Time_s: χρόνος σε δευτερόλεπτα (x άξονας),
    - QuantityMotionRaw: ακατέργαστη κίνηση (χωρίς φίλτρο),
    - QuantityMotionSmooth: εξομαλυμένη κίνηση.
3) Στη σειρα 128, αποθηκεύει τον πίνακα σε αρχείο .csv στην τοποθεσία που ορίστηκε παραπάνω.
4) Στη σειρα 129, εκτυπώνει μήνυμα επιβεβαίωσης στο Command Window με τη διαδρομή του CSV.

3.9 - Χρονικά Παράθυρα (Time Windows)

Στο παρακάτω block (παράδειγμα εικόνα 28) ο κώδικας ορίζει συγκεκριμένα χρονικά παράθυρα μέσα στο βίντεο, στα οποία θα υπολογιστούν στατιστικά της κίνησης (μέση τιμή και τυπική απόκλιση του QoM από την εξομαλυμένη καμπύλη QuantityMotionSmooth).

```
131     %%
132     % Define specific time windows to analyze mean and std of QOM from QuantityMotionSmooth
133     timeTable = sprintf('%s%s', inDirectory, 'time_windows/time_windows.csv');
134     timeWindows=readmatrix(timeTable);
135
136     %timeWindows = [ % start and end times in seconds
137     %    0.5, 10.0;
138     %    10.5, 30.5;
139     %    31.0, 42.5;
140     %];
```

Εικόνα 28 - Χρονικά Παράθυρα (Time Windows)

1) Στη σειρά 133 δημιουργεί το μονοπάτι προς το αρχείο CSV που περιέχει τα χρονικά διαστήματα για ανάλυση και το αρχείο time_windows.csv βρίσκεται στον φάκελο: QoM/data/time_windows/
2) Στη σειρά 134, φορτώνει το περιεχόμενο του αρχείου .csv σε έναν πίνακα timeWindows. Κάθε γραμμή του πίνακα περιέχει: start_time (έναρξη παραθύρου σε δευτερόλεπτα) και end_time (λήξη παραθύρου σε δευτερόλεπτα).
3) Τέλος, δημιουργήσαμε ένα πίνακα με 2 στήλες και 6 σειρές. Οι στήλες ήταν η έναρξη και η λήξη του παραθύρου και οι σειρές τα 6 διαφορετικά μοτίβα του ηχητικού. Σε κάθε συμμετέχοντα αλλάζαμε το start και end time ανάλογα με το κενό μεταξύ παλαμακίου - 1ου ηχητικού γεγονότος (Kick), κάθε μοτίβο είχε διάρκεια 17.5 δευτερόλεπτα.

3.10 - Υπολογισμός STD

Σε αυτό το block (εικόνα 29) ο κώδικας υπολογίζει τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση του QoM για κάθε προκαθορισμένο χρονικό παράθυρο (time window) του βίντεο, χρησιμοποιώντας την εξομαλυμένη τιμή της κίνησης. Δημιουργεί αριθμητικά δεδομένα που δείχνουν πόσο έντονη και πόσο σταθερή ήταν η κινητική απόκριση για κάθε μουσικό μοτίβο.

```
141     %%
142     % Compute mean and std
143     means = zeros(size(timeWindows,1),1);
144     stds = zeros(size(timeWindows,1),1);
145
146     for i = 1:size(timeWindows,1)
147         %idx = timeVec >= timeWindows(i,1) & timeVec <= timeWindows(i,2);
148         idx = timeVec >= timeWindows(i,1) & timeVec < (timeWindows(i,2) + 1/fps);
149         means(i) = mean(quantityMotionSmooth(idx));
150         stds(i) = std(quantityMotionSmooth(idx));
151     end
```

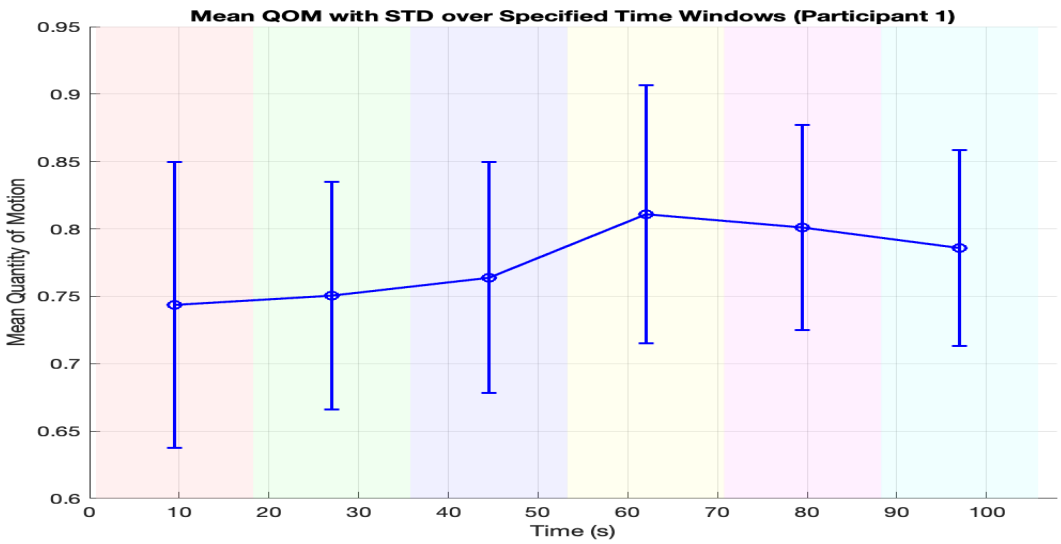
Εικόνα 29 - Υπολογισμός STD

1) Στις σειρές 143-144, δημιουργεί δύο κενά διανύσματα (means και stds) με τόσες γραμμές όσα είναι τα χρονικά παράθυρα (timeWindows). Αυτά τα διανύσματα θα γεμίσουν με τις τιμές μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης για κάθε παράθυρο.

2) Στη σειρά 146, ξεκινάει επανάληψη για κάθε γραμμή του πίνακα timeWindows, δηλαδή για κάθε χρονικό διάστημα.
3) Στη σειρά 148, δημιουργεί έναν λογικό δείκτη (idx) που εντοπίζει ποια σημεία χρόνου (timeVec) ανήκουν μέσα στο χρονικό παράθυρο που αναλύεται αυτή τη στιγμή. Το + 1/fps διασφαλίζει ότι περιλαμβάνεται και το τελευταίο frame.
4) Στις σειρές 149-150, υπολογίζει τη μέση τιμή της εξομαλυμένης QoM για το συγκεκριμένο χρονικό παράθυρο και τη τυπική απόκλιση που δείχνει πόσο μεταβαλλόμενη είναι η κίνηση στο συγκεκριμένο διάστημα και τέλος αποθηκεύει τις τιμές στους πίνακες means και stds.

3.11 - Δημιουργία STD Plot

Στο επόμενο block (όπως φαίνεται στην εικόνα 31) ο κώδικας δημιουργεί ένα διάγραμμα με ράβδους που απεικονίζει τη μέση ποσότητα κίνησης (Mean Quantity of Motion) (βλέπε εικόνα 30) για κάθε καθορισμένο χρονικό παράθυρο μαζί με την τυπική απόκλιση (Standard Deviation), ώστε να κατανοηθεί καλύτερα η ένταση και η μεταβλητότητα της κίνησης σε διαφορετικά σημεία του βίντεο.



-

Εικόνα 30 - STD PLOT

```
153     %%
154     % Plot means with error bars over specified time windows, starting and ending with video start/end respect.
155     figure;
156     errorbar((timeWindows(:,1) + timeWindows(:,2))/2, means, stds, 'o-', 'LineWidth', 1.5);
157     xlabel('Time (s)');
158     ylabel('Mean Quantity of Motion');
159     title('Mean QOM with STD over Specified Time Windows');
160     grid on;
161
162     % Set x-axis from 0 to end of video
163     xlim([0 durationtrInSeconds]);
164
165     % Save the plot (change folder as needed)
166     %saveas(gcf, fullfile('mine_data/QoM/qom_plots', [videobaseName '_qom_plot.png']));
167     fullPathPlot=sprintf('%s%s', outDirectory, 'qom_plots');
168     saveas(gcf, fullfile(fullPathPlot, [videoNam '_qom_plot.png']));
169     %close(gcf); % optionally close to free memory
170
171     % Plot means with error bars over specified time windows, starting and ending in window centres
172     %figure;
173     %errorbar((timeWindows(:,1) + timeWindows(:,2))/2, means, stds, 'o-','LineWidth',1.5);
174     %xlabel('Time (s)');
175     %ylabel('Mean Quantity of Motion');
176     %title('Mean QOM with STD over Specified Time Windows');
177     %grid on;
```

Εικόνα 31 - Δημιουργία STD Plot

1) Πιο συγκεκριμένα στις σειρές 155 δημιουργεί ένα νέο παράθυρο γραφήματος.
2) Στη σειρά 156, χρησιμοποιεί τη συνάρτηση errorbar() για να σχεδιάσει:
    - τον μέσο όρο (means) ανά χρονικό παράθυρο,
    - με κάθε σημείο να βρίσκεται στο κέντρο του παραθύρου: (start + end)/2 3) και να έχει ράβδους σφάλματος που αντιπροσωπεύουν την τυπική απόκλιση (stds).
    - 'o-' = κυκλικοί δείκτες ενωμένοι με γραμμές και LineWidth = 1.5 για πιο έντονη εμφάνιση.
3) Στη σειρά 157-160, δημιουργεί ετικέτες για τους άξονες και τίτλο για το γράφημα και προσθέτει πλέγμα για καλύτερη ανάγνωση.
4) Στη σειρά 163, ορίζει τα όρια του άξονα χρόνου (X) από 0 μέχρι τη διάρκεια του βίντεο που αναλύεται.
5) Στις σειρές 167-168, ορίζει τη διαδρομή αποθήκευσης του γραφήματος. Και αποθηκεύει το γράφημα σε μορφή .png με όνομα όπως: participant_11_qom_plot.png στον φάκελο QoM/out/qom_plots.

3.12 - Ανάλυση qom_all

Αυτό το block κώδικα MATLAB (παράδειγμα εικόνα 32) αλλάζει τον τρέχοντα φάκελο εργασίας (current working directory), δηλαδή τη διαδρομή στην οποία το MATLAB θα διαβάζει και θα αποθηκεύει αρχεία (όπως scripts, δεδομένα, αρχεία καταγραφής κ.λπ.) κατά την εκτέλεση του κώδικα. Με την εντολή cd η οποία σημαίνει ‘change directory’ , διασφαλίζεται ότι ο κώδικας θα έχει πρόσβαση στα σωστά αρχεία (όπως δεδομένα από καταγραφές κίνησης) και θα αποθηκεύει τα αποτελέσματα εκεί.

```
5    %% Change directory to "Current folder"
6    cd /Users/jimbatsis/Documents/MATLAB/
```

Εικόνα 32 - Φάκελος Εργασίας

1) Η διαδρομή /Users/jimbatsis/Documents/MATLAB/, στη σειρά 6,ορίζεται ως ο φάκελος εργασίας.

Το παρακάτω block κώδικα (όπως φαίνεται στην εικόνα 33) προετοιμάζει το περιβάλλον του MATLAB για την εκτέλεση της κύριας ανάλυσης, φροντίζοντας ώστε να είναι προσβάσιμες οι συναρτήσεις και να είναι ορισμένοι οι φάκελοι για δεδομένα εισόδου και εξόδου.

```
8    % Load function paths & Define Input and Output Directories
9    addpath(genpath('library\'))
10   inDirectory = 'QoM/data/';
11   outDirectory = 'QoM/out/';
```

Εικόνα 33 - Φάκελοι Εισόδου / Εξόδου

1) Στη σειρά 9, προσθέτει στον τρέχοντα κατάλογο εργασίας (path) όλα τα αρχεία και υποφακέλους που βρίσκονται στον φάκελο library. Αυτό επιτρέπει στο MATLAB να έχει πρόσβαση σε συναρτήσεις και scripts που περιέχονται εκεί.
2) Στις σειρές 10-11 γίνεται ορισμός διευθύνσεων εισόδου και εξόδου. Με την εντολή inDirectory = 'QoM/data/'; ορίζει τη διαδρομή του φακέλου όπου βρίσκονται τα αρχεία εισόδου (όπως .mp4, .csv) και με την εντολή outDirectory = 'QoM/out/'; ορίζει που θα αποθηκευτούν τα αποτελέσματα της ανάλυσης (π.χ. γραφήματα, επεξεργασμένα δεδομένα κ.λ.π.).

Το επόμενο κομμάτι κώδικα (βλέπε εικόνα 34) γίνεται ορισμός του αρχείου χρονικών παραθύρων.

```
18   % Load time windows for first participant (assume all participants have same windows)
19   timeWindowsFile = 'QoM/data/time_windows/time_windows.csv'; %timeWindowsFile = sprintf
20   timeWindows = readmatrix(timeWindowsFile);
```

Εικόνα 34 - Ορισμός Χρονικών Παραθύρων

1) Στη σειρά 19, μεταβλητή timeWindowsFile περιέχει τη διαδρομή (path) προς ένα αρχείο .csv που περιέχει τα χρονικά παράθυρα (time windows) του πειράματος.

Αυτά τα χρονικά παράθυρα προσδιορίζουν διαστήματα χρόνου μέσα στο βίντεο, π.χ. [10s – 20s], [20s – 30s] κ.λπ.

2) Στη σειρά 20, η εντολή readmatrix (timeWindowsFile) φορτώνει τα δεδομένα από αυτό το αρχείο σε έναν πίνακα timeWindows. Ο πίνακας αυτός πιθανότατα έχει δύο στήλες: η πρώτη στήλη είναι η αρχή κάθε παραθύρου και η δεύτερη το τέλος του. Για παράδειγμα, μια γραμμή [10.0 20.0] σημαίνει ότι υπάρχει ένα χρονικό παράθυρο από το 10ο έως το 20ο δευτερόλεπτο.

Στο παρακάτω κομμάτι κώδικα (εικόνα 35), δημιουργεί δύο πίνακες με διαστάσεις [αριθμός συμμετεχόντων x αριθμός παραθύρων χρόνου]. Αυτοί θα κρατήσουν τον μέσο όρο και την τυπική απόκλιση του QoM για κάθε συμμετέχοντα, σε κάθε χρονικό παράθυρο.

```
26    % Containers for participant means and stds per window
27    allParticipantMeans = zeros(nParticipants, size(timeWindows,1));
28    allParticipantStds  = zeros(nParticipants, size(timeWindows,1));
```

Εικόνα 35 - Δημιουργία Πινάκων

1) Στη σειρά 27, δημιουργεί έναν πίνακα γεμάτο μηδενικά με διαστάσεις (αριθμός συμμετεχόντων × αριθμός time windows), για να αποθηκευτούν οι μέσες τιμές κάθε συμμετέχοντα σε κάθε window.
2) Στη σειρά 28, δημιουργεί έναν αντίστοιχο πίνακα μηδενικών για να αποθηκευτούν οι τυπικές αποκλίσεις κάθε συμμετέχοντα σε κάθε window.

Στο επόμενο κομμάτι κώδικα (παράδειγμα εικόνα 36), για κάθε συμμετέχοντα (π.χ. 1 έως 10).

```
30  for p = 1:nParticipants
31      % Load CSV
32      dataTable = readtable(fullfile(csvDir, csvFiles(p).name));
33      %timeVec = dataTable.Time_s - t0;  % shift time to relative 0
34      timeVec = dataTable.Time_s;  % shift time to relative 0
35      qomValues = dataTable.QuantityMotionSmoothNorm;  % already normalized
36
37      % Compute mean and std for each window
38      for w = 1:size(timeWindows,1)
39          idx = timeVec >= timeWindows(w,1) & timeVec < (timeWindows(w,2)+1/30);
40          allParticipantMeans(p,w) = mean(qomValues(idx));
41          allParticipantStds(p,w)  = std(qomValues(idx));
42      end
43  end
```

Εικόνα 36 - Δημιουργία Πινάκων

1) Στη σειρά 32, διαβάζει το αρχείο .csv του συμμετέχοντα που περιέχει χρονικές στιγμές και τιμές QoM και απομονώνει χρονική στήλη και τιμές QoM.
2) Στις σειρές 34-35, για κάθε χρονικό παράθυρο φτιάχνει ένα λογικό διάνυσμα (true/false) που εντοπίζει τις χρονικές στιγμές που ανήκουν στο συγκεκριμένο παράθυρο.
3) Στις σειρές 38-41, υπολογίζει τον μέσο όρο και την τυπική απόκλιση του QoM και αποθηκεύει στον πίνακα τις στατιστικές τιμές για κάθε συμμετέχοντα και παράθυρο. Το allParticipantMeans είναι ένας πίνακας διαστάσεων (συμμετέχοντες x χρονικά παράθυρα), που περιέχει τη μέση τιμή QoM για κάθε συμμετέχοντα και κάθε παράθυρο χρόνου.

Το block κώδικα (όπως φαίνεται στην εικόνα 37) υπολογίζει τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση των μέσων τιμών όλων των συμμετεχόντων για κάθε time window, αγνοώντας τυχόν NaNs, και υπολογίζει τα κεντρικά σημεία (midpoints) των time windows.

```
45    % Compute mean ± std across participants
46    meanAcrossParticipants = mean(allParticipantMeans,1,'omitnan');
47    stdAcrossParticipants  = std(allParticipantMeans,0,1,'omitnan');
48
49    midTimes = mean(timeWindows,2);  % midpoints of each window
```

Εικόνα 37 - Υπολογισμός μέσων τιμών

1) Στη σειρά 46, η εντολή mean(...,1,'omitnan') υπολογίζει τη μέση τιμή ανά στήλη, δηλαδή τη μέση QoM ανά χρονικό παράθυρο σε όλους τους συμμετέχοντες, αγνοώντας τυχόν NaN τιμές.
2) Στη σειρά 47, η εντολή std(...,0,1,'omitnan') υπολογίζει την τυπική απόκλιση ανά στήλη, δηλαδή τη διασπορά των QoM τιμών μεταξύ συμμετεχόντων για κάθε παράθυρο. Με αυτά τα δύο αποτελέσματα (meanAcrossParticipants και stdAcrossParticipants), μπορούμε να αναπαραστήσουμε τον μέσο όρο QoM στο χρόνο, δείχνοντας πότε η κίνηση αυξάνεται ή μειώνεται και να προσθέσουμε μπάρες σφάλματος (error bars) για να δούμε τη μεταβλητότητα της σωματικής δραστηριότητας μεταξύ των συμμετεχόντων.
3) Στη σειρά 49, η εντολή Το midTimes = mean(timeWindows,2); υπολογίζει τα μεσαία χρονικά σημεία κάθε παραθύρου χρόνου (time window). Το timeWindows

είναι ένας πίνακας με δύο στήλες (έναρξη και λήξη κάθε παραθύρου), και με mean(...,2) παίρνουμε τον μέσο όρο ανά γραμμή, δηλαδή το σημείο στο μέσο κάθε παραθύρου.

Στο επόμενο κομμάτι κώδικα (βλέπε εικόνα 38), To figure; hold on; δημιουργεί ένα νέο γράφημα και κρατά ενεργό το τρέχον σύστημα συντεταγμένων, ώστε να μπορούν να προστεθούν πάνω του πολλαπλά στοιχεία (όπως γραμμές, περιοχές, κ.λπ.).

```
52        % Plot with legend, y-max auto
53        figure; hold on;
```

Εικόνα 38 - Δημιουργία Γραφήματος Συντεταγμένων

Στη συνέχεια γίνεται ορισμός παστέλ χρωμάτων (pastelColors).
Ο πίνακας pastelColors περιλαμβάνει έξι διαφορετικά παστέλ χρώματα (σε RGB), τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για να σκιαστούν οπτικά τα χρονικά παράθυρα στο γράφημα, ώστε να διαχωρίζονται οπτικά. Αυτή η επιλογή βοηθά να γίνεται πιο κατανοητό ποια χρονική περίοδος αφορά ποιο μοτίβο ή ενότητα στο διάγραμμα.

```
55    % --- Shade each window with pastel colors ---
56    numWindows = size(timeWindows,1);
57    pastelColors = [
58        1.0 0.8 0.8;  % light pink
59        0.8 1.0 0.8;  % light green
60        0.8 0.8 1.0;  % light blue
61        1.0 1.0 0.8;  % light yellow
62        1.0 0.8 1.0;  % light magenta
63        0.8 1.0 1.0;  % light cyan
64    ];
```

Εικόνα 39 - Ορισμός Παστέλ Χρωμάτων

Με τις παρακάτω εντολές (εικόνα 40) υπολογίζει το ελάχιστο και μέγιστο σημείο της κατανομής των δεδομένων, συνυπολογίζοντας τόσο τις μέσες τιμές (mean) όσο και τις τυπικές αποκλίσεις (std) για κάθε συμμετέχοντα ξεχωριστά (allParticipantMeans και allParticipantStds), όσο και συνολικά(meanAcrossParticipants,stdAcrossParticipant).

```
% --- Compute y-axis limits from data ---
yMin = min(allParticipantMeans(:) - allParticipantStds(:));
yMax = max(allParticipantMeans(:) + allParticipantStds(:));
yMin = min([yMin, min(meanAcrossParticipants - stdAcrossParticipants)]);
yMax = max([yMax, max(meanAcrossParticipants + stdAcrossParticipants)]);
yMargin = 0.05 * (yMax - yMin);
ylimManual = [yMin - yMargin, yMax + yMargin];
```

Εικόνα 40 - Υπολογισμός του ελαχίστου και μεγίστου σημείου της κατανομής των δεδομένων

1) Το yMin: Υπολογίζει την ελάχιστη δυνατή τιμή από το σύνολο των (μέση - απόκλιση) για όλους τους συμμετέχοντες και για το συνολικό μέσο όρο.
2) Το yMax: Αντίστοιχα, υπολογίζει τη μέγιστη δυνατή τιμή από το σύνολο των (μέση + απόκλιση).
3) Το yMargin: Υπολογίζει ένα μικρό περιθώριο (5% του εύρους τιμών) ώστε το γράφημα να μην ακουμπάει τα άκρα του άξονα y, κάνοντάς το πιο ευανάγνωστο.
4) Το ylimManual: Ορίζει τα τελικά χειροκίνητα όρια του άξονα y, προσθέτοντας και αφαιρώντας το παραπάνω περιθώριο από το yMin και yMax.

Παρακάτω (παράδειγμα εικόνα 41) δημιουργεί ημιδιαφανείς χρωματισμένες περιοχές (patches) στο φόντο του γραφήματος για κάθε χρονικό παράθυρο w. Χρησιμοποιούνται παστέλ χρώματα από τον πίνακα pastelColors, κυκλικά (με mod).

```
% Draw shading patches
for w = 1:numWindows
    colorIdx = mod(w-1, size(pastelColors,1)) + 1;
    x = [timeWindows(w,1) timeWindows(w,2) timeWindows(w,2) timeWindows(w,1)];
    y = [ylimManual(1) ylimManual(1) ylimManual(2) ylimManual(2)];
    patch(x, y, pastelColors(colorIdx,:), 'FaceAlpha',0.3,'EdgeColor','none', 'HandleVisibility','off');
end
```

- *Εικόνα 41 - Δημιουργία ημιδιαφανών χρωματισμένων περιοχών*

1) Το patch εκτείνεται από timeWindows(w,1) έως timeWindows(w,2) στον άξονα X, και από το χαμηλότερο έως το υψηλότερο όριο του άξονα Y.
2) Το FaceAlpha=0.3 προσθέτει διαφάνεια, ενώ το HandleVisibility='off' αποκλείει το patch από το legend.
3) Στη συνέχεια, δημιουργεί γραμμές για κάθε συμμετέχοντα που δείχνουν τη μέση τιμή QoM ανά χρονικό παράθυρο με error bars που δείχνουν την τυπική απόκλιση. Οι γραμμές έχουν διαφορετικές αποχρώσεις του γκρι (greyShades) για να διαφοροποιούνται οπτικά. Τέλος, αποθηκεύονται τα handles σε participantLines για χρήση στο legend.

Το επόμενο block (όπως φαίνεται στην εικόνα 42) δημιουργεί μία σειρά από "αποχρώσεις" του γκρι.

```
% --- Plot each participant's mean ± std in grey with different shades ---
greyShades = linspace(0.3,0.7,nParticipants);  % from darker to lighter grey
participantLines = gobjects(nParticipants,1); % store handles for legend
for p = 1:nParticipants
    colorGrey = [greyShades(p) greyShades(p) greyShades(p)];
    participantLines(p) = errorbar(midTimes, allParticipantMeans(p,:), allParticipantStds(p,:), 'o-', ...
        'Color', colorGrey, 'MarkerFaceColor', colorGrey, 'LineWidth',1);
end
```

Εικόνα 42 - Δημιουργία ημιδιαφανών χρωματισμένων περιοχών

1) Στη σειρά 83, η εντολή linspace(0.3,0.7,nParticipants) δημιουργεί nParticipants τιμές από το 0.3 (σκούρο γκρι) μέχρι 0.7 (ανοιχτό γκρι) με αποτέλεσμα κάθε συμμετέχοντας θα πάρει τη δική του απόχρωση του γκρι για διάκριση.
2) Στη σειρά 84, προετοιμάζει έναν πίνακα για να αποθηκεύσει "handles" από τα plots. Αυτό επιτρέπει αργότερα να γίνει χρήση των γραφικών στοιχείων (π.χ. για legend).
3) Στις σειρές 85-89, για κάθε συμμετέχοντα κάνει plot τη μέση τιμή ± τυπική απόκλιση. Η εντολή colorGrey φτιάχνει ένα RGB χρώμα όπου τα 3 κανάλια είναι ίδια (άρα γκρι). Η εντολή errorbar(...) σχεδιάζει: 1) midTimes στον άξονα x, 2) τις μέσες τιμές allParticipantMeans(p,:) στον άξονα y και 3) τα σφάλματα (± std) από allParticipantStds(p,:)
    - Το 'o-' σημαίνει κυκλάκια με γραμμή που τα ενώνει.
    - Η γραμμή και τα markers παίρνουν τη συγκεκριμένη γκρι απόχρωση.
    - Τέλος, η μεταβλητή participantLines(p) κρατάει το handle της γραμμής για τον p-οστό συμμετέχοντα.

Το παρακάτω block (βλέπε εικόνα 43) δείχνει τη συνολική τάση της κινητικής δραστηριότητας όλων των συμμετεχόντων στο χρόνο (mean), αναπαριστά την αβεβαιότητα ή διακύμανση με shaded areas και error bars (± std), βοηθά στο να αναγνωρίσουμε σε ποια σημεία το QoM αυξάνεται ή μειώνεται και πόσο σταθερή είναι η συμπεριφορά μεταξύ των συμμετεχόντων.

```
91      % --- Plot overall mean ± std in blue as shaded area ---
92      fill([midTimes; flipud(midTimes)], ...
93           [meanAcrossParticipants-stdAcrossParticipants, ...
94            fliplr(meanAcrossParticipants+stdAcrossParticipants)], ...
95           [0.6 0.8 1], 'FaceAlpha',0.5,'EdgeColor','none', 'HandleVisibility','off');
96
97      % --- Plot overall mean line ---
98      overallLine = plot(midTimes, meanAcrossParticipants, 'b-', 'LineWidth',2);
99
100     % --- Add blue ± std error bars at midpoints of each window ---
101     errorbar(midTimes, meanAcrossParticipants, stdAcrossParticipants, 'b.', ...
102              'LineWidth',1.5, 'MarkerSize',12, 'CapSize',10);
```

Εικόνα 43 - Fill, Plot, ErrorBar

1) Στη σειρά 92, η εντολή fill(...):
Δημιουργεί μια σκιασμένη μπλε περιοχή (με διαφάνεια) που εκτείνεται από τη μέση τιμή μείον την τυπική απόκλιση έως τη μέση τιμή συν την τυπική απόκλιση. Αυτό προσφέρει μια οπτική αναπαράσταση της μεταβλητότητας του QoM μέσα στους συμμετέχοντες για κάθε χρονικό παράθυρο.

- 2) Στη σειρά 97, η εντολή plot(...):
Σχεδιάζει τη γραμμή της συνολικής μέσης τιμής του QoM ανά χρονικό παράθυρο, με μπλε χρώμα και πάχος γραμμής 2. Είναι ο κύριος δείκτης της γενικής τάσης της κινητικής δραστηριότητας.
- 3) Στη σειρά 100, η εντολή errorbar(...):
Προσθέτει error bars (κάθετες μπλε γραμμές με σημεία) για να δείξει την τυπική απόκλιση πάνω και κάτω από τη μέση τιμή σε κάθε χρονική στιγμή. Αυτό επιτρέπει την άμεση οπτική εκτίμηση της μεταβλητότητας στα δεδομένα.

Οι παρακάτω εντολές κώδικα (εικόνα 44) σταθεροποιούν τα όρια των αξόνων (y-axis και x-axis). Αυτό είναι σημαντικό για να μην αλλάζουν τα όρια των αξόνων αν προστεθούν νέα δεδομένα ή αντικείμενα στο γράφημα, όπως οι έγχρωμες περιοχές (patches) που έρχονται μετά.Στη συνέχεια, ορίζουν ξανά ένα πίνακα με παστέλ χρώματα (pastelColors) για τις σκιασμένες περιοχές. Αυτά τα χρώματα θα χρησιμοποιηθούν λίγο πιο κάτω για να σκιάσουν τις χρονικές περιόδους (time windows) στο γράφημα, ώστε να είναι οπτικά ξεχωριστές.

```
104    % Fix y-axis limits to prevent rescaling
105    ylim_manual = ylim;  % store current limits
106    xlim_manual = xlim;  % store current x limits
107
108    % Define a set of light pastel colors for the patches
109    numWindows = size(timeWindows, 1);
110    pastelColors = [
111        1.0 0.8 0.8;  % light pink
112        0.8 1.0 0.8;  % light green
113        0.8 0.8 1.0;  % light blue
114        1.0 1.0 0.8;  % light yellow
115        1.0 0.8 1.0;  % light magenta
116        0.8 1.0 1.0;  % light cyan
117    ];
```

Εικόνα 44 - Όρια Αξόνων

1) Στη σειρά 105, αποθηκεύει τα τρέχοντα όρια του y-άξονα στον πίνακα ylim_manual.
2) Στη σειρά 106, αποθηκεύει τα τρέχοντα όρια του x-άξονα στον πίνακα xlim_manual.
3) Στη σειρές 109-110, Υπολογίζει πόσα time windows υπάρχουν (δηλαδή πόσες γραμμές έχει ο πίνακας timeWindows).
4) Στις γραμμές 111-117, δημιουργεί έναν πίνακα RGB χρωμάτων, όπου κάθε γραμμή αντιστοιχεί σε ένα παστέλ χρώμα (ροζ, πράσινο, μπλε, κίτρινο, ματζέντα, κυανό), για χρήση στο βάψιμο των time windows.

Στη συνέχεια (παράδειγμα εικόνα 45), ο κώδικας δημιουργεί έγχρωμες σκιασμένες περιοχές (patches) για κάθε χρονικό παράθυρο (timeWindows), ώστε να απεικονίζονται διακριτά στο υπόβαθρο του γραφήματος.

```
119    % Draw shaded time windows behind the plot
120    for i = 1:numWindows
121        colorIdx = mod(i-1, size(pastelColors,1)) + 1;  % cycle colors if more windows than colors
122        x = [timeWindows(i,1) timeWindows(i,2) timeWindows(i,2) timeWindows(i,1)];
123        y = [ylim_manual(1) ylim_manual(1) ylim_manual(2) ylim_manual(2)];
124        patchHandle = patch(x, y, pastelColors(colorIdx,:), ...
125            'FaceAlpha', 0.3, 'EdgeColor', 'none');
126        uistack(patchHandle, 'bottom');  % ensure patches are behind the curve
127    end
```

Εικόνα 45 - Δημιουργία Έγχρωμων σκιασμένων περιοχών

1) Στη σειρά 120, για κάθε χρονικό παράθυρο (i = 1:numWindows), καθορίζει το χρώμα σκίασης από τον πίνακα pastelColors, κάνοντας επαναληπτική χρήση των χρωμάτων αν τα χρονικά παράθυρα είναι περισσότερα από τα διαθέσιμα χρώματα.

2) Στη σειρές 122-123, δημιουργεί τις γωνίες του παραλληλογράμμου (x και y) που αντιστοιχούν στην αρχή και στο τέλος του κάθε παραθύρου στον άξονα x (χρόνος) και επεκτείνεται πλήρως στον άξονα y (ύψος γραφήματος).
3) Στη σειρά 124, η εντολή patch() σχεδιάζει το παραλληλόγραμμο με το κατάλληλο χρώμα και διαφάνεια (FaceAlpha = 0.3), χωρίς περίγραμμα (EdgeColor = 'none').
4) Στη σειρά 126, με την uistack(..., 'bottom') διασφαλίζει ότι το χρωματισμένο παράθυρο θα τοποθετηθεί πίσω από τις καμπύλες του γραφήματος, ώστε να μην τις καλύπτει.

Το block κώδικα (όπως φαίνεται στην εικόνα 46) επαναφέρει τα αποθηκευμένα όρια των αξόνων, προσθέτει ετικέτες και τίτλο στο γράφημα, ρυθμίζει το x-axis σύμφωνα με τα time windows και ενεργοποιεί το grid.

```
129     % Re-apply fixed axes
130     ylim(ylim_manual);
131     xlim(xlim_manual);
132
133     xlabel('Time (s)');
134     ylabel('Normalized Mean QOM');
135     title('QOM Across All Participants');
136     xlim([0 timeWindows(end,2)]);
137     ylim(ylimManual);
138     grid on;
```

Εικόνα 46 - Επαναφορά Αρχικών Ορίων αξόνων

1) Στις σειρές 130-131, οι εντολές κάνουν επαναφορά των αρχικών ορίων των αξόνων ylim και xlim. Εξασφαλίζουν ότι, παρότι έχουν σχεδιαστεί πολλές γραφικές λεπτομέρειες (όπως patches και error bars), τα όρια των αξόνων παραμένουν σταθερά και δεν αλλάζουν δυναμικά από τη MATLAB.
2) Στις σειρές 133-135, δημιουργούν σαφείς ετικέτες στους άξονες του γραφήματος, ώστε ο αναγνώστης να καταλαβαίνει ότι απεικονίζεται η κανονικοποιημένη μέση τιμή του QoM ανά συμμετέχοντα και χρονικό παράθυρο.
3) Στις σειρές 136-138, βάζουν τον άξονα του χρόνου να ξεκινά από το 0 και να τελειώνει στην τελευταία στιγμή του τελευταίου χρονικού παραθύρου, κάνουν επαναφορά των ορίων του άξονα y με βάση τα υπολογισμένα ylimManual και ενεργοποίηση του πλέγματος για καλύτερη ανάγνωση.

Σε αυτό το τελευταίο σημείο (βλέπε εικόνα 47), ο κώδικας δημιουργεί υπόμνημα (legend) στο γράφημα.

```
140   % Set x-axis from 0 to end of video (optional)
141   %xlim([0 durationtrInSeconds]);
142
143   % --- Add legend ---
144   legend([participantLines(1), overallLine], {'Individual Participants','Overall Mean ± STD'}, 'Location','best');
145
146   % Save final plot
147   fullPathPlotf = sprintf('%s%s', outDirectory, 'qom_plots/qom_across_all_participants.png');
148   saveas(gcf, fullPathPlotf);
```

Εικόνα 47 - Δημιουργία τελικού γραφήματος qom_all

1) Στη σειρά 144, το participantLines(1) είναι το πρώτο αντικείμενο γραμμής (line object) που αντιστοιχεί σε έναν συμμετέχοντα. Το overallLine είναι η γραμμή που δείχνει τον συνολικό μέσο όρο ± τυπική απόκλιση. Το υπόμνημα θα έχει δύο καταχωρήσεις:
   - "Individual Participants" → για τις γραμμές των συμμετεχόντων.
   - "Overall Mean ± STD" → για τη συνολική γραμμή.
   - Το 'Location','best' αφήνει το MATLAB να βρει την καλύτερη θέση στο γράφημα και αποθηκεύει το τελικό γράφημα ως εικόνα .png.
2) Στη σειρά 147, η εντολή sprintf φτιάχνει το πλήρες path (διαδρομή) του αρχείου στο οποίο θα σωθεί.
3) Στη σειρά 148, το gcf (get current figure) παίρνει το τρέχον γράφημα και τέλος το saveas το αποθηκεύει στην τοποθεσία που ορίστηκε.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

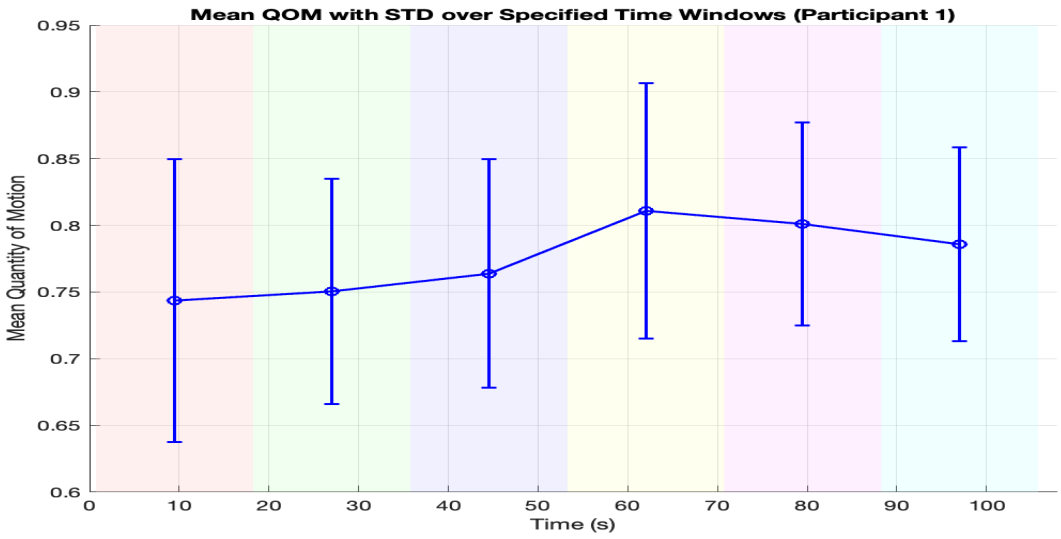
Σε αντίθεση με το γράφημα των Witek et al. 2014, όπως φαίνεται στην εικόνα στις εικόνες 48-60 του Κεφαλαίου 4, το οποίο ξεκινά από τον χαμηλότερο βαθμό συγκοπής, στην παρούσα εργασία αποφασίστηκε να απεικονιστεί το διάγραμμα του QoM σε σχέση με τον βαθμό συγκοπής, ξεκινώντας από το μοτίβο του σταθερού ρυθμού. Η επιλογή αυτή ενσωματώθηκε στο σχεδιασμό της μελέτης προκειμένου να διερευνηθεί η μεταβολή της κινητικότητας των συμμετεχόντων κατά τη μετάβαση από το μοτίβο του σταθερού ρυθμού στο μοτίβο της χαμηλής συγκοπής.

4.1 - QoM ανά Συμμετέχοντα

PARTICIPANT_1

Παρατηρώντας το γράφημα (εικόνα 48) σε συνδυασμό με το βίντεο της participant_1 βλέπουμε ότι υπάρχει μια μικρή πτώση του QoM από το 1ο μοτίβο (σταθερός ρυθμός) προς το 2ο (χαμηλή συσκοπή) και έπειτα μια σταδιακή ανοδική πορεία από το 2ο μοτίβο (σταθερός ρυθμός) προς το 4ο (μεσαία συγκοπή) στην οποία υπάρχει κορύφωση. Τέλος, υπάρχει σταδιακή πτώση προς το τελευταίο μοτίβο (υψηλή συγκοπή).

Αυτή η διακύμανση επιβεβαιώνει τη θεωρία μας και τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών λόγω των υψηλών τιμών της μεσαίας συγκοπής και των χαμηλών τιμών της χαμηλής και υψηλής συγκοπής. Αν εξαιρέσουμε τον σταθερό ρυθμό ο οποίος δεν περιείχε συγκοπές και εστιάσουμε στο σχήμα που δημιουργείται μεταξύ χαμηλής και υψηλής συγκοπής (18s - 106s) σχηματίζεται ξεκάθαρα το σχήμα ανάποδου U.



Εικόνα 48 - QoM - Participant 1

1) Κατά τη διάρκεια του πρώτου μοτίβου (σταθερός ρυθμός) το οποίο δεν περιλάμβανε συγκοπές, η συμμετέχουσα παρουσίασε επαναλαμβανόμενες, περιοδικές κινήσεις. Συγκεκριμένα, σήκωνε ελαφρώς τα πόδια από το έδαφος και ταυτόχρονα μετακινούσε το σώμα του δεξιά και αριστερά, κυρίως στο ύψος της λεκάνης. Σταδιακά, άνοιγε τα χέρια της, ακολουθώντας τη ροή του ρυθμού. Μια ιδιαίτερη κίνηση εντοπίζεται στο χρονικό στιγμιότυπο στα 14s, όπου ο συμμετέχοντας χτυπάει ένα παλαμάκι. Αυτή η αυθόρμητη κίνηση έρχεται ως αποτέλεσμα της έκθεσής του στο ίδιο μοτίβο που είχε ήδη επαναληφθεί 3 φορές έως εκείνη τη στιγμή, γεγονός που ενισχύει τη θεωρία του φαινομένου της προβλεψιμότητας. Δηλαδή, η επαναληπτικότητα του μοτίβου επέτρεψε στον εγκέφαλο να δημιουργήσει ένα σταθερό προσδοκώμενο χρονικό πλαίσιο, το οποίο προκάλεσε την εμφάνιση μιας έντονης κινητικής απόκρισης, όπως το παλαμάκι, όταν η προσδοκία σταθεροποιήθηκε.

2) Με την έναρξη του 2ου μοτίβου χαμηλής συγκοπής, παρατηρείται μια αισθητή μεταβολή στην κίνηση της συμμετέχουσας. Η συνολική κινητική ενέργεια μειώνεται, γεγονός που υποδηλώνει μια μειωμένη σωματική εμπλοκή σε σύγκριση με την προηγούμενη φάση. Επιπλέον, εκφράσεις όπως απορία και αμηχανία διακρίνονται στο βλέμμα της, φανερώνοντας πως ο νέος ρυθμός δεν της είναι ιδιαίτερα οικείος στα ακούσματά της. Φαίνεται να προσπαθεί να προσαρμοστεί στο διαφοροποιημένο ρυθμικό περιβάλλον, καταβάλλοντας προσπάθεια να κατανοήσει τη νέα ροή. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η προσπάθειά της να προβλέψει το χτύπημα του snare, το οποίο ακούγεται με μια ελαφρά καθυστέρηση λόγω της συγκοπής.

3) Στο 3ο ρυθμικό μοτίβο, αυτό της χαμηλό-μεσαίας συγκοπής, η συμμετέχουσα αρχίζει να κινείται πιο απελευθερωμένα σε σχέση με τα προηγούμενα στάδια. Παρατηρούνται περισσότερες κινήσεις του κεφαλιού και του σώματος, υποδηλώνοντας προσπάθεια να μπει στο groove και να συγχρονιστεί με τον ρυθμικό παλμό. Η κινητική της συμπεριφορά φανερώνει μια ενεργή προσπάθεια πρόβλεψης του επόμενου ρυθμικού γεγονότος, με ιδιαίτερη έμφαση στα χτυπήματα του snare. Ωστόσο, στο συγκεκριμένο μοτίβο, τα χτυπήματα του snare παρουσιάζουν παύσεις και ρυθμικές μετατοπίσεις σε σχέση με το υπονοούμενο beat που είχε ήδη εδραιωθεί στο μυαλό της. Αυτές οι συγκοπές διαταράσσουν την κανονικότητα του μοτίβου, με αποτέλεσμα η συμμετέχουσα να παλαντζάρει μεταξύ συγχρονισμού και αποσυγχρονισμού άλλοτε να επιτυγχάνει να "μπει" στον ρυθμό και άλλοτε όχι.

4) Στο 4ο ρυθμικό μοτίβο, καθοριστικό ρόλο παίζουν τα χτυπήματα του snare, τα οποία δρουν ως κινητήριο στοιχείο για τη σωματική απόκριση της συμμετέχουσας. Ιδιαίτερη σημασία έχει το χρονικό διάστημα από το 59ο έως το 62ο δευτερόλεπτο, όπου

παρατηρείται και η υψηλότερη τιμή στην καμπύλη του QoM. Κατά τη διάρκεια αυτού του σύντομου solo του snare, η συμμετέχουσα ανταποκρίνεται με έντονες και ταχείες κινήσεις, οι οποίες εκφράζονται μέσα σε ένα διάστημα περίπου τριών δευτερολέπτων. Οι ώμοι της κινούνται κατακόρυφα, ωθώντας παράλληλα τον κορμό να ακολουθήσει με ελαφριές κινήσεις, ενώ το κεφάλι ταλαντώνεται δεξιά και αριστερά. Τα χέρια της παραμένουν λυγισμένα, εκτελώντας ρυθμικές κινήσεις στον χώρο. Το ίδιο μοτίβο του snare επαναλαμβάνεται ξανά, μεταξύ 67ου και 70ού δευτερολέπτου, προκαλώντας παρόμοια κινητική αντίδραση, αν και ελαφρώς πιο συγκρατημένη. Η επαναληπτικότητα και η ρυθμική ένταση του snare φαίνεται να ενισχύουν το αίσθημα groove, ενεργοποιώντας μια αυθόρμητη, συντονισμένη κινητική έκφραση από τη συμμετέχουσα.

5) Στο 5ο ρυθμικό μοτίβο, το οποίο αντιστοιχεί στον μεσαίο-υψηλό βαθμό συγκοπής, κυριαρχεί μια ιδιαίτερα πυκνή και σύνθετη ρυθμική πληροφορία, κυρίως από τα χτυπήματα του kick. Το kick εμφανίζεται με εμφανείς χρονικές καθυστερήσεις σε σχέση με τον εσωτερικά εδραιωμένο, υποτιθέμενο σταθερό ρυθμό, διαταράσσοντας την προβλεψιμότητα του ρυθμικού πλαισίου. Ειδικά σε ένα κρίσιμο διάστημα διάρκειας 4,5 δευτερολέπτων, το kick ακούγεται σε solo μορφή, με αραιά χρονικά διαστήματα μεταξύ των χτυπημάτων και με μεγάλες καθυστερήσεις, ενισχύοντας περαιτέρω το αίσθημα αστάθειας.Παράλληλα, ολόκληρο το συγκεκριμένο μοτίβο περιλαμβάνει μόλις τέσσερα snare χτυπήματα, στοιχείο που περιορίζει τα σημεία αναφοράς για ρυθμικό συγχρονισμό. Ως αποτέλεσμα, η συμμετέχουσα παρουσιάζει επιβράδυνση στη σωματική απόκριση, εκτελώντας αργές και πιο συγκρατημένες κινήσεις. Αυτή η κινητική μείωση συνεπάγεται και χαμηλότερη κινητική ενέργεια, η οποία αποτυπώνεται στον δείκτη QoM, ο οποίος μειώνεται αισθητά. Η χαμηλή πυκνότητα γεγονότων και η έλλειψη ρυθμικής προβλεψιμότητας φαίνεται να οδηγούν σε μείωση του αισθήματος groove και της αντίστοιχης σωματικής εμπλοκής.

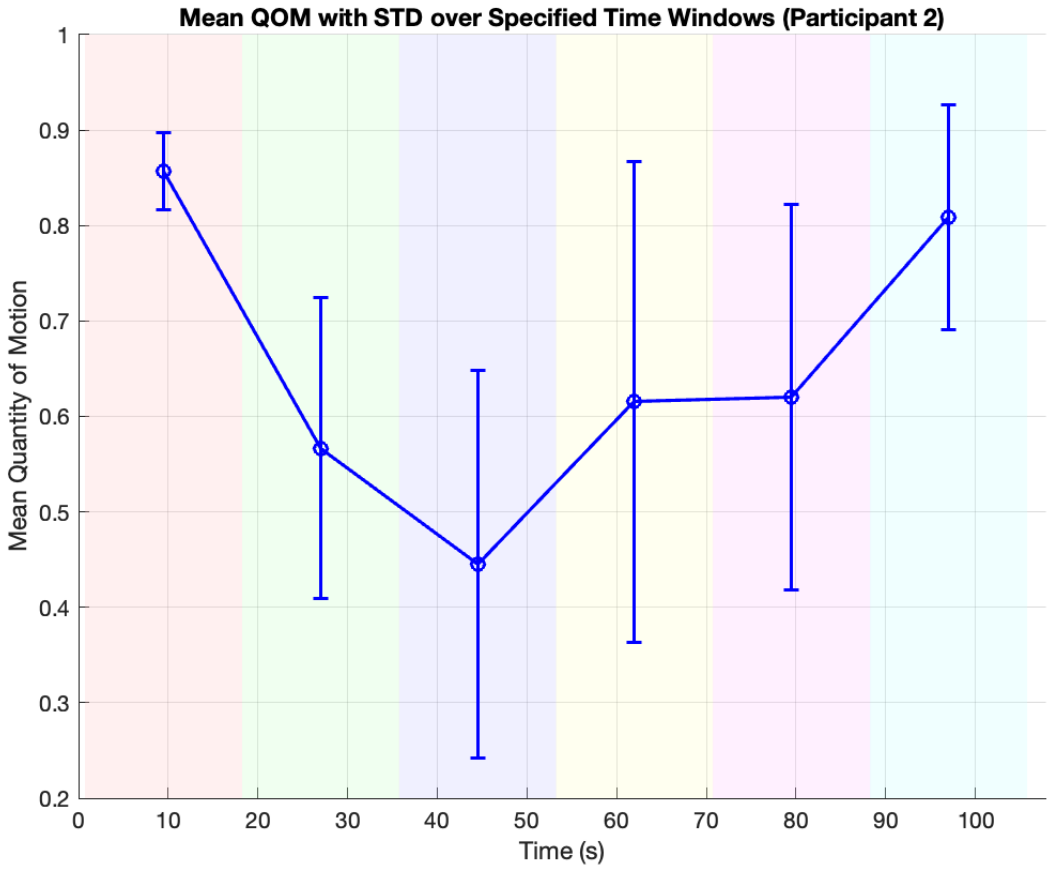
6) Στο 6ο μοτίβο, εμφανίζεται το φαινόμενο της υψηλής συγκοπής, το οποίο χαρακτηρίζεται από έντονη ρυθμική αστάθεια και πολυπλοκότητα. Ο ρυθμός σε αυτό το στάδιο είναι ασυνήθιστος δημιουργώντας αίσθηση αποπροσανατολισμού. Στο πρώτο μισό του μοτίβου, παρατηρούνται μόνο δύο χτυπήματα του snare, ενώ στο δεύτερο πέντε, αυξάνοντας τη ρυθμική πυκνότητα προς το τέλος. Αξιοσημείωτη είναι η κατανομή των χτυπημάτων του kick, τα οποία είναι μεν πολυάριθμα, αλλά τοποθετημένα με ασυνεπή τρόπο: περίπου τα μισά συμπίπτουν με το grid (δηλαδή με τα αναμενόμενα σημεία του ρυθμού), ενώ τα υπόλοιπα είναι σκόπιμα μετατοπισμένα, πολλές φορές με μεγάλη χρονική απόκλιση. Αυτή η εσκεμμένη μετατόπιση από το ρυθμικό πλέγμα διαταράσσει την αίσθηση χρονικής σταθερότητας, προκαλώντας σύγχυση στη συμμετέχουσα. Η δυσκολία να εντοπίσει σταθερά σημεία αναφοράς οδηγεί σε μείωση της κινητικής συμμετοχής, ενώ η ενέργειά της μειώνεται αισθητά. Αυτό αποτυπώνεται και στον δείκτη Quantity of Motion, ο οποίος υποχωρεί σημαντικά, επιβεβαιώνοντας ότι

η έντονη συγκοπή μπορεί να δυσχεραίνει την αίσθηση του groove και να περιορίζει τη σωματική ανταπόκριση.

PARTICIPANT_2

Στη περίπτωση του participant_2 (παράδειγμα εικόνα 49), παρατηρείται σταδιακή πτώση του QoM από το 1ο μοτίβο (σταθερός ρυθμός) προς το 3ο (χαμηλή-μεσαία συγκοπή). Στη συνέχεια υπάρχει απότομη αύξηση από το 3ο μοτίβο (χαμηλή-μεσαία συγκοπή) προς το 4ο (μεσαία συγκοπή), μετά έχουμε μια μικρή πτώση προς το 5ο μοτίβο (μεσαίο-υψηλή συγκοπή) και τέλος μια μικρή αύξηση προς το 6ο μοτίβο (υψηλή συγκοπή) στο οποίο παρατηρείται και η υψηλότερη τιμή.

Η διακύμανση του QoM δεν επιβεβαιώνει 100% τη θεωρία αλλά ακόμα και σε αυτή τη περίπτωση αν βγάλουμε εκτός σύγκρισης τον σταθερό ρυθμό και εστιάσουμε στις συγκοπές βλέπουμε την βαθμολογία της μεσαίας συγκοπής να έρχεται 2η, ελάχιστα κάτω από αυτήν της υψηλής. Επίσης, μπορούμε να πούμε ότι το σχήμα ανάποδο U σχηματίζεται μεταξύ χαμηλό-μεσαίας συγκοπής και μεσαιό-υψηλής.



Εικόνα 49 - QoM - Participant 2

1) Στο 1ο μοτίβο (σταθερός ρυθμός), ο συμμετέχων κινεί το σώμα του δεξιά-αριστερά με ρυθμική συνέπεια, ενώ τα πόδια του ανασηκώνονται ελαφρά από το έδαφος, συγχρονισμένα με τον ρυθμό του kick και του snare. Το κεφάλι του ακολουθεί την ηχητική ροή, εκτελώντας κινήσεις είτε πάνω-κάτω είτε δεξιά-αριστερά, πάντα σε συντονισμό με τα ρυθμικά γεγονότα. Σε γενικές γραμμές, η κινητικότητά του παραμένει σταθερή, καθώς επαναλαμβάνει τις ίδιες κινήσεις σε όλη τη διάρκεια του μοτίβου. Η σωματική του έκφραση υποδηλώνει συγκρατημένη αλλά συνειδητή αφομοίωση του ρυθμού, και η έκφραση του προσώπου του δηλώνει συγκέντρωση στο ηχητικό ερέθισμα.

2) Στο 2ο μοτίβο (χαμηλή συγκοπή), από το δεύτερο ηχητικό γεγονός του snare, το οποίο εμφανίζεται στο 22ο δευτερόλεπτο, ο συμμετέχων αρχίζει να προσπαθεί να συγχρονίσει το δεξί του χέρι με τα επόμενα χτυπήματα του snare, αλλά και με εκείνα του kick, προσομοιώνοντας κινήσεις παιξίματος drums. Η ενέργεια αυτή ενισχύει την προβλεψιμότητα του ρυθμού, καθώς ο συμμετέχων όχι μόνο αναγνωρίζει το μοτίβο, αλλά προσπαθεί να το προβλέψει και να συγχρονιστεί με αυτό, κάτι που καταφέρνει με μεγάλη ακρίβεια στις περισσότερες περιπτώσεις. Παράλληλα, συνεχίζει να κουνάει το κεφάλι του πάνω-κάτω με μικρές και ρυθμικά σταθερές κινήσεις, σε πλήρη εναρμόνιση με το beat, ενώ το υπόλοιπο σώμα του παραμένει σχεδόν ακίνητο. Τέλος, στο κλείσιμο του μοτίβου, ο συμμετέχων χαμογελά, ένδειξη ότι το άκουσμα του προκαλεί ευχαρίστηση ή ενδιαφέρον, γεγονός που υποστηρίζει την άποψη ότι η εμπλοκή με ρυθμικά σύνθετα μοτίβα μπορεί να είναι ψυχολογικά θετική.

3) Στο 3ο μοτίβο (χαμηλό-μεσαία συγκοπή), ο συμμετέχων φαίνεται να έχει εισέλθει πλέον σε μια κατάσταση groove, αναζητώντας διαρκώς το επόμενο ρυθμικό γεγονός, είτε πρόκειται για το snare είτε για το kick. Η προσδοκία για το πού και πότε θα ακουστεί το επόμενο χτύπημα είναι εμφανής στις κινήσεις του και υποδηλώνει μια ενεργή ακρόαση και προσπάθεια πρόβλεψης του ρυθμικού μοτίβου. Το χαμόγελό του παραμένει, όμως αυτή τη φορά ενδέχεται να προέρχεται από αμηχανία ή αβεβαιότητα, καθώς ο ρυθμός έχει γίνει πιο πολύπλοκος και λιγότερο οικείος. Παρά τις προσπάθειες συγχρονισμού, το κεφάλι εξακολουθεί να κινείται ρυθμικά, με τον ίδιο τρόπο όπως πριν, ενώ το υπόλοιπο σώμα παραμένει σχεδόν ακίνητο. Σε γενικές γραμμές, παρατηρείται μείωση της κινητικής του ενέργειας, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από τις μετρήσεις του Quantity of Motion, οι οποίες καταγράφουν τη χαμηλότερη τιμή στο συγκεκριμένο μοτίβο. Αυτό υποδηλώνει πως αυτός ο βαθμός συγκοπής μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τη σωματική συμμετοχή του ακροατή.

4) Στο 4ο μοτίβο (μεσαία συγκοπή), ο συμμετέχων συνεχίζει με παρόμοιες κινήσεις, διατηρώντας έναν σταθερό ρυθμικό χαρακτήρα. Στο solo του snare, μεταξύ 58ου και 61ου δευτερολέπτου, ανταποκρίνεται με γρήγορες και επιπλέον κινήσεις του δεξιού του χεριού, σε μια φανερή προσπάθεια να συγχρονιστεί με τον ρυθμό και να “πιάσει” τη ροή

των χτυπημάτων. Αυτή η προσπάθεια μαρτυρά αυξημένη σωματική εμπλοκή, έστω και στιγμιαία. Στη συνέχεια, από το 60ό μέχρι το 69ο δευτερόλεπτο, εκτελεί μια μεγάλη κίνηση του σώματος, δεξιά και αριστερά, η οποία φαίνεται να αποσυνδέεται εν μέρει από το ρυθμικό πλέγμα. Αν και η κίνηση δεν φαίνεται να είναι πλήρως συγχρονισμένη με το beat, πιθανότατα προέρχεται από εσωτερική παρόρμηση ή προσπάθεια αναπροσαρμογής στην αυξημένη ρυθμική πολυπλοκότητα. Η ένταση αυτής της μεγάλης, μη συγχρονισμένης κίνησης πιθανόν ευθύνεται για τη μικρή άνοδο του δείκτη Quantity of Motion, γεγονός που υποδηλώνει ότι ακόμη και μη απόλυτα ρυθμικές κινήσεις μπορούν να επηρεάσουν το QoM, ειδικά όταν το άκουσμα προκαλεί σύγχυση ή αβεβαιότητα.

5) Στην αρχή του 5ου μοτίβου (μεσαία-υψηλή συγκοπή), ο συμμετέχων επιχειρεί ανεπιτυχώς να συγχρονίσει την κίνηση του αριστερού του χεριού με το beat, όπως έκανε στα προηγούμενα μοτίβα. Σύντομα σταματά εντελώς αυτή την κίνηση, δείχνοντας ότι δυσκολεύεται να ακολουθήσει τη ρυθμική δομή του συγκεκριμένου ηχητικού. Στο 80ό δευτερόλεπτο, το βλέμμα του εκφράζει απορία και σύγχυση, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στην έντονη πολυπλοκότητα του ρυθμού και την έλλειψη προβλεψιμότητας. Παράλληλα, η κινητική του ενέργεια μειώνεται αισθητά, κάτι που πιθανότατα σχετίζεται με το γεγονός ότι το συγκεκριμένο μοτίβο περιλαμβάνει κυρίως kick και μόλις τέσσερα snare χτυπήματα, ένα στοιχείο που στα προηγούμενα μοτίβα του προκαλούσε μεγαλύτερο ενδιαφέρον και δραστηριοποίηση. Ωστόσο, ο συμμετέχων συνεχίζει να εκτελεί κινήσεις δεξιά-αριστερά, οι οποίες φαίνεται να είναι περισσότερο μηχανικές και λιγότερο ρυθμικά εστιασμένες. Το αποτέλεσμα είναι μια ελαφρά μείωση του δείκτη Quantity of Motion, στοιχείο που επιβεβαιώνει την γενικότερη πτώση της ενεργητικής εμπλοκής του συμμετέχοντα στο συγκεκριμένο ρυθμικό περιβάλλον.

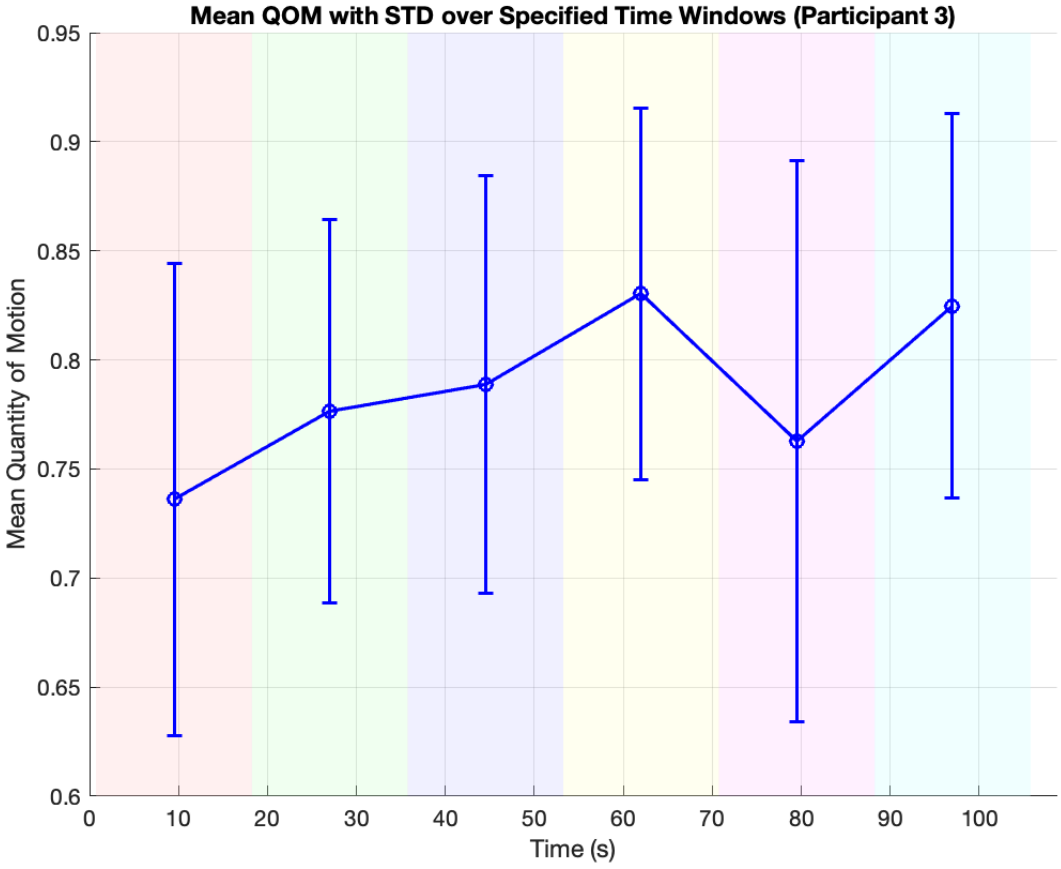
6) Στο 6ο μοτίβο (υψηλή συγκοπή), ο συμμετέχων συνεχίζει να μην χρησιμοποιεί το αριστερό του χέρι, σε αντίθεση με προηγούμενα μοτίβα, κάτι που πιθανότατα οφείλεται στην ακόμα πιο αυξημένη πολυπλοκότητα του ρυθμού, η οποία εντείνει την αβεβαιότητα στις κινήσεις του. Ωστόσο, η κινητική του εμπλοκή μεταφέρεται στο σώμα και το κεφάλι, όπου παρατηρούνται κινήσεις δεξιά-αριστερά, συνοδευόμενες από προσπάθεια συγχρονισμού με τα ρυθμικά στοιχεία, κυρίως τα snare και kick. Το κεφάλι του ακολουθεί ρυθμικά τις προσδοκίες του ερεθίσματος, προσπαθώντας να εναρμονιστεί με το beat, ακόμη κι αν το ρυθμικό μοτίβο είναι μη λιγότερο προβλέψιμο. Οι μεγάλες κινήσεις του σώματος σε συνδυασμό με την ενεργή συμμετοχή του κεφαλιού κορυφώνονται γύρω στο 90ό δευτερόλεπτο, οδηγώντας σε αισθητή αύξηση του δείκτη Quantity of Motion (QoM.) με την υψηλότερη τιμή σε όλο το φάσμα. Η κορύφωση αυτή υποδηλώνει μια στιγμιαία "σύνδεση" με το groove ακόμη κι αν το περιεχόμενο παραμένει πολύπλοκο και απαιτητικό.

PARTICIPANT_3

Από το γράφημα του participant_3 (όπως φαίνεται στην εικόνα 50) , παρατηρούμε σταδιακή αύξηση του QoM από το 1ο μοτίβο (σταθερός ρυθμός) προς το 4ο (μεσαία συγκοπή), με το σταθερό ρυθμό να έχει τη μικρότερη τιμή και η μεσαία συγκοπή τη μεγαλύτερη. Στη συνέχεια έχουμε μια μικρή πτώση προς το 5ο μοτίβο (μεσαίο-υψηλή συγκοπή) και τέλος μια μικρή αύξηση προς το 6ο μοτίβο (υψηλή συγκοπή) χωρίς όμως να ξεπερνάει την μεσαία συγκοπή.

Σε γενικές γραμμές μπορούμε να πούμε ότι η θεωρία επιβεβαιώνεται σε ένα μεγάλο ποσοστό από τη στιγμή που η μεσαία συγκοπή έχει τη μεγαλύτερη τιμή, η χαμηλή συγκοπή είναι αρκετά χαμηλά και πιο συγκεκριμένα 5η. Στη περίπτωση της υψηλής συγκοπής βλέπουμε να έχει τη 2η μεγαλύτερη βαθμολογία, ελάχιστα πιο κάτω από αυτή της μεσαίας.

Το σχήμα ανάποδο U, μπορεί να σχηματιστεί απλά με μια πιο flat μορφή από τη μεσαία συγκοπή προς την υψηλή.



Εικόνα 50 - QoM - Participant 3

1) Στην αρχή του 1ου μοτίβου (σταθερός ρυθμός), ο συμμετέχων εισέρχεται σταδιακά στον ρυθμό πραγματοποιώντας πλαγιές κινήσεις με τον κορμό, υποδηλώνοντας μια αρχική αίσθηση συγχρονισμού με το ακουστικό ερέθισμα. Τα πόδια του παραμένουν σχεδόν ακίνητα, συμμετέχοντας ελάχιστα στη ρυθμική έκφραση, ενώ οι ώμοι κινούνται εναλλάξ προς τα μέσα και προς τα έξω. Το κεφάλι ακολουθεί σταθερά τον ρυθμό, με ρυθμικές κινήσεις πάνω-κάτω και έπειτα και δεξιά-αριστερά. Παράλληλα, τα χέρια του ενεργοποιούνται σταδιακά, προσομοιώνοντας κινήσεις παιξίματος ντραμς, κυρίως συγχρονισμένες με τα γεγονότα των snare, ενισχύοντας τη σύνδεσή του με το groove. Καθώς πλησιάζει το τέλος του μοτίβου, από το 16ο έως το 19ο δευτερόλεπτο, παρατηρείται ότι ο συμμετέχων έχει προβλέψει τα επόμενα ηχητικά γεγονότα. Η κινητική του έκφραση γίνεται πιο μηχανική και επαναλαμβανόμενη, με ρομποτικού τύπου κινήσεις δεξιά-αριστερά.

2) Στο 2ο μοτίβο (χαμηλή συγκοπή), ο συμμετέχων συνεχίζει να παρουσιάζει απότομες, ρομποτικές κινήσεις με το κεφάλι, πηγαίνοντας δεξιά-αριστερά με ρυθμική συνέπεια, ενώ ο κορμός και η λεκάνη του κινούνται με παρόμοιο τρόπο, ενισχύοντας τη συνολική σωματική εμπλοκή του με το ρυθμικό ερέθισμα. Τα χέρια εκτελούν κυκλικές κινήσεις στον αέρα, θυμίζοντας είτε αυθόρμητη έκφραση είτε προσπάθεια προσομοίωσης κρουστών, και τα πόδια , συμμετέχουν ενεργά ιδιαίτερα στο σημείο των γονάτων. Όλες αυτές οι κινήσεις φαίνεται να στοχεύουν άμεσα στον συγχρονισμό με το beat, ιδιαίτερα με τα γεγονότα των snare, τα οποία λειτουργούν ως σταθερά σημεία αναφοράς. Η επιτυχία του συγχρονισμού είναι σε μεγάλο βαθμό επιτυχής, κάτι που αποδεικνύει ότι ο συμμετέχων έχει καταφέρει να προβλέπει σε σημαντικό βαθμό την τοποθέτηση των ρυθμικών χτυπημάτων, αναδεικνύοντας τη σημασία της ρυθμικής προσμονής στην ενσώματη μουσική εμπειρία.

3) Στο 3ο μοτίβο (χαμηλό-μεσαία συγκοπή), όπου η πολυπλοκότητα του ρυθμού αυξάνεται, ο συμμετέχων δυσκολεύεται να επιτύχει τον ίδιο βαθμό συγχρονισμού με τα προηγούμενα μοτίβα. Αν και οι κινήσεις του διατηρούν παρόμοιο χαρακτήρα, με το κεφάλι να κινείται πλάγια και τα χέρια να εκτελούν κυκλικές κινήσεις, παρατηρείται ότι δεν καταφέρνει να προβλέψει με ακρίβεια τα snare hits, τα οποία έχουν πιο περίπλοκη και μη αναμενόμενη τοποθέτηση στο ρυθμικό πλέγμα. Σε μια προσπάθεια να επανασυνδεθεί με τον ρυθμό, προβαίνει σε επιπλέον σωματικές κινήσεις, κυρίως με εναλλαγές κατεύθυνσης, που φανερώνουν την αναζήτηση του beat. Αυτές οι αυθόρμητες και πιο ακανόνιστες κινήσεις ενισχύουν ελαφρώς την ποσότητα κίνησης (Quantity of Motion), κάτι που αποτυπώνεται και στα σχετικά διαγράμματα. Το συγκεκριμένο μοτίβο λειτουργεί ως σημείο μετάβασης, όπου το σώμα προσπαθεί να προσαρμοστεί στη νέα ρυθμική πρόκληση, χωρίς ωστόσο να επιτυγχάνει τον ίδιο βαθμό ελέγχου και ακρίβειας.

4) Στο 4ο μοτίβο, που αντιστοιχεί στο μεσαίο επίπεδο συγκοπής, ο συμμετέχων στην αρχή κατορθώνει να συγχρονιστεί με τη ροή του ρυθμού, ωστόσο αμέσως μετά προσωρινά "χάνεται" καθώς η εναλλαγή των συγκοπών διαταράσσει τη σταθερότητα του μοτίβου. Οι κινήσεις του χαρακτηρίζονται από προς τα μέσα-έξω κινήσεις των ώμων, υποδηλώνοντας προσπάθεια εσωτερίκευσης του ρυθμού. Στο solo snare, μεταξύ 59 και 62 δευτερολέπτων, εκδηλώνει γρήγορες και αυθόρμητες κινήσεις με τα χέρια, κάποιες από τις οποίες είναι συγχρονισμένες με τα snare hits, υποδεικνύοντας ότι σε σημεία κατορθώνει να προβλέψει το επόμενο γεγονός. Περίπου στα 65 δευτερόλεπτα, εμφανίζει μια νέα, δυναμική κίνηση: λυγίζει τα γόνατα και εκτελεί έντονες μετακινήσεις του κορμού, γεγονός που συνδυάζεται με συγχρονισμό κυρίως με τα kick. Αυτή η σωματική έκρηξη αποτελεί το σημείο κορύφωσης της κινητικής ενέργειας, καταγράφοντας τη μεγαλύτερη τιμή Quantity of Motion για το συγκεκριμένο μοτίβο. Στο τέλος του μοτίβου, εμφανίζεται δεύτερο solo snare, όπου ο συμμετέχων δείχνει να προσπαθεί ενεργά να προβλέψει τα ηχητικά γεγονότα, χρησιμοποιώντας τον κορμό, τους ώμους και δευτερευόντως τα χέρια, επιδιώκοντας έναν νέο συγχρονισμό με το ρυθμό.

5) Είναι εμφανές ότι ο βαθμός δυσκολίας του 5ου μοτίβου του μεσαίου-υψηλού επιπέδου συγκοπής είναι σημαντικός, γεγονός που δυσκολεύει τη δυνατότητα πρόβλεψης των ηχητικών γεγονότων από τον συμμετέχοντα. Αυτό αποτυπώνεται χαρακτηριστικά στο 76ο δευτερόλεπτο, όπου επιχειρεί να συγχρονίσει την κίνηση του δεξιού χεριού με ένα snare, το οποίο τελικά ακούγεται με καθυστέρηση περίπου ενός δευτερολέπτου, προκαλώντας ασυγχρονία. Παράλληλα, ο συμμετέχων πραγματοποιεί πολλές και επιπλέον κινήσεις με τον κορμό και το κεφάλι του δεξιά-αριστερά, προσπαθώντας να ευθυγραμμιστεί με τον ρυθμό, όμως οι περισσότερες από αυτές τις κινήσεις εμφανίζονται εκτός συγχρονισμού, γεγονός που υποδηλώνει δυσκολία στην κατανόηση της ρυθμικής δομής του μοτίβου. Ωστόσο, μια στιγμιαία επιτυχία συγχρονισμού σημειώνεται στο 84ο δευτερόλεπτο, όταν μέσω μιας απότομης κίνησης του κεφαλιού καταφέρνει να συντονιστεί ακριβώς με ένα γεγονός snare, φανερώνοντας ότι, αν και δύσκολος, ο ρυθμός εξακολουθεί να προκαλεί προσπάθειες ενσώματης προσαρμογής.

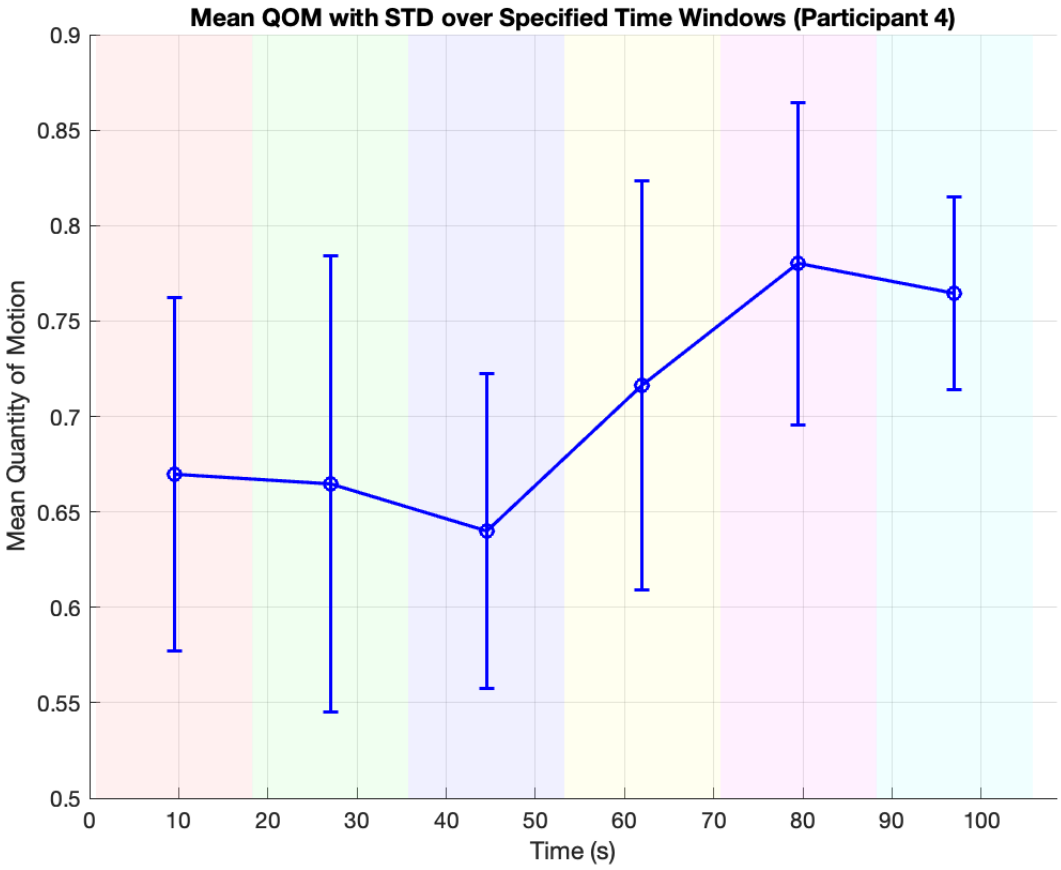
6) Καθ’ όλη τη διάρκεια του μοτίβου με υψηλό βαθμό συγκοπής, ο συμμετέχων παρουσιάζει εμφανείς δυσκολίες συγχρονισμού με τον ρυθμό, γεγονός που οφείλεται στη μεγάλη πολυπλοκότητα και απροσδόκητη τοποθέτηση των ηχητικών γεγονότων. Παρατηρούνται επαναλαμβανόμενες κινήσεις του κορμού και του κεφαλιού δεξιά–αριστερά, συχνά εκτός συγχρονισμού με το beat. Τα χέρια του προσπαθούν να εντοπίσουν και να συγχρονιστούν με τα snare, όμως τις περισσότερες φορές αποτυγχάνουν, υποδηλώνοντας δυσκολία στην πρόβλεψη της ρυθμικής δομής. Παρά την αδυναμία πλήρους συγχρονισμού, η ένταση και το εύρος των κινήσεων, ειδικά οι μεγάλες πλάγιες κινήσεις του σώματος και του κεφαλιού, οδηγούν σε σημαντική αύξηση του Quantity of Motion (QoM.). Συγκεκριμένα, παρατηρείται κορύφωση στα 96 δευτερόλεπτα, με την υψηλή συγκοπή να καταγράφει τη δεύτερη υψηλότερη τιμή στο

σύνολο των μοτίβων. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει πως, ακόμη και χωρίς πλήρη ρυθμική ακρίβεια, η προσπάθεια συγχρονισμού στον σύνθετο ρυθμό ενισχύει τη συνολική κινητική δραστηριότητα.

PARTICIPANT_4

Με μια πρώτη ματιά στη περίπτωση του participant_4 (βλέπε εικόνα 51), παρατηρούμε μια μικρή αύξηση του QoM από το 1ο μοτίβο (σταθερός ρυθμός) προς το 2ο (μικρή συγκοπή). Στη συνέχεια έχουμε μια μεγάλη πτώση προς το 3ο μοτίβο (χαμηλό-μεσαία συγκοπή) και έπειτα μια σταδιακή αύξηση προς το 5ο μοτίβο (μεσαιο-υψηλή συγκοπή) η οποία έχει την υψηλότερη τιμή όλων των μοτίβων. Τέλος, παρατηρείται μια πτώση προς το 6ο μοτίβο (υψηλή συγκοπή).

Το σχήμα ανάποδο U σχηματίζεται μεταξύ χαμηλό-μεσαίας συγκοπής και υψηλής συγκοπής καταλίγοντας ότι είναι πολύ κοντά στη θεωρία και στα αποτελέσματα προηγούμενων μελετών.



Εικόνα 51 - QoM - Participant 4

1) Στο 1ο μοτίβο (σταθερός ρυθμός), ο συμμετέχων ξεκινά με ελαφριά λύγισμα των γονάτων, δημιουργώντας μικρές, περιοδικές κινήσεις του κορμού του συγχρονισμένες με τον ρυθμό. Το κεφάλι του αρχικά κινείται ελάχιστα πάνω-κάτω, αλλά σταδιακά αυξάνει την ένταση των κινήσεων. Τα χέρια του παραμένουν σχεδόν ακίνητα καθ' όλη τη διάρκεια, γεγονός που φανερώνει συγκρατημένη ανταπόκριση στο ηχητικό ερέθισμα. Η συνολική του κινητικότητα είναι περιορισμένη, χωρίς ιδιαίτερη έκφραση ή ποικιλία στις κινήσεις. Η τιμή του Quantity of Motion παραμένει σε χαμηλά επίπεδα, γεγονός που ενισχύει την υπόθεση πως το συγκεκριμένο μοτίβο, λόγω της απουσίας συγκοπών και της ρυθμικής του προβλεψιμότητας, δεν ενεργοποίησε έντονα την κινητική του αντίδραση. Έτσι, το μοτίβο αυτό φαίνεται να λειτούργησε περισσότερο ως μια εισαγωγική ζώνη εξοικείωσης παρά ως ερέθισμα αυξημένης σωματικής ενεργοποίησης.

2) Στο δεύτερο μοτίβο (χαμηλή συγκοπή), ο συμμετέχων αρχίζει να παρουσιάζει σταδιακά μεγαλύτερη κινητικότητα σε σχέση με το πρώτο. Αρχικά, για περίπου έξι δευτερόλεπτα, κάνει μεγάλες κινήσεις με τα χέρια του τα οποία είναι συγχρονισμένα με τα γεγονότα του kick και του snare, δείχνοντας μια πιο ενεργή εμπλοκή με τον ρυθμό. Στη συνέχεια, εστιάζει περισσότερο στο κεφάλι, το οποίο κινείται ρυθμικά πάνω-κάτω, ενώ παράλληλα λυγίζει τα γόνατά του, εντείνοντας την αίσθηση σωματικής συμμετοχής. Όλες αυτές οι κινήσεις γίνονται με μεγαλύτερη ένταση και αποφασιστικότητα σε σχέση με το προηγούμενο μοτίβο, υποδηλώνοντας ότι βρίσκει το συγκεκριμένο ρυθμικό σχήμα πιο ενδιαφέρον και ελκυστικό. Το γεγονός αυτό αντανακλάται και στον δείκτη Quantity of Motion, ο οποίος παρουσιάζει μια ελαφρά άνοδο, στοιχείο που δείχνει ότι το χαμηλό επίπεδο συγκοπής ενισχύει την τάση του συμμετέχοντα να μπει στο groove και να ανταποκριθεί με αυξημένη κινητικότητα.

3) Στο 3ο μοτίβο (χαμηλή-μεσαία συκοπή), ο συμμετέχων εκτελεί πιο εκρηκτικές αλλά μικρότερης έκτασης κινήσεις, προσπαθώντας να ενταχθεί στον ρυθμό, ο οποίος είναι αισθητά πιο σύνθετος λόγω της ρυθμικής πολυπλοκότητας. Η συμπεριφορά του δείχνει ότι απολαμβάνει περισσότερο το άκουσμα, καθώς συνοδεύει το beat με έντονες κινήσεις των χεριών. Μέσω αυτών, φαίνεται να προσπαθεί ενεργά να εντοπίσει και να προβλέψει το επόμενο γεγονός του snare. Μάλιστα, στο 44ο δευτερόλεπτο καταφέρνει να συγχρονιστεί επιτυχώς, επιβεβαιώνοντας την ικανότητά του να παρακολουθεί τον ρυθμό. Ωστόσο, ακολουθεί μια λανθασμένη πρόβλεψη, όπου κουνάει τα χέρια του χωρίς να ακούγεται snare, στοιχείο που αναδεικνύει τη δυσκολία του μοτίβου. Παράλληλα, διατηρεί την αίσθηση του ρυθμού μέσω της συνεχούς κίνησης του σώματός του, η οποία εκκινεί και πάλι από το λύγισμα των γονάτων, λειτουργώντας ως σταθερή βάση συγχρονισμού. Οι κινήσεις αυτές αποτυπώνουν μια δυναμική εμπλοκή με τον ρυθμό, ακόμα κι όταν η πολυπλοκότητα οδηγεί σε στιγμιαίες αποκλίσεις. Η πτώση του QoM ίσως εξηγείται ότι σε αυτό το μοτίβο έκανε ναι μεν εκρηκτικές και περισσότερες κινήσεις αλλά ήταν μικρότερης έκτασης και επιφάνειας σε σχέση με το 2ο.

4) Στο 4ο μοτίβο (μεσαία συγκοπή), ο συμμετέχων εντείνει τις κινήσεις του κορμού, πραγματοποιώντας μεγαλύτερες κινήσεις με ελαφριά αναπήδηση πάνω-κάτω, στοιχείο που δείχνει αυξημένη σωματική εμπλοκή. Κατά τη διάρκεια του πρώτου solo snare (59ο έως 62ο δευτερόλεπτο), χρησιμοποιεί έντονα το δεξί του χέρι, εκτελώντας πολλαπλές κινήσεις στην προσπάθειά του να συγχρονιστεί με τα γρήγορα χτυπήματα του snare. Η κινητικότητά του σε αυτό το σημείο αποτυπώνει μια έκρηξη ενέργειας και αυξημένη εγρήγορση απέναντι στο ρυθμικό ερέθισμα. Στη συνέχεια, συνεχίζει να κινεί τον κορμό του με ρυθμική αναπήδηση πάνω-κάτω, ενώ στο δεύτερο solo snare (68ο έως 71ο δευτερόλεπτο) επαναλαμβάνει κινήσεις με το χέρι, αυτή τη φορά όμως σε μικρότερο βαθμό. Η μείωση της έντασης υποδηλώνει ότι το δεύτερο solo δεν του προκαλεί την ίδια αίσθηση έκπληξης ή ενθουσιασμού όπως το πρώτο, πιθανότατα επειδή η ρυθμική δομή του έχει πλέον γίνει πιο προβλέψιμη. Έτσι, ενώ η ενεργητική συμμετοχή παραμένει, παρουσιάζει πιο συγκρατημένη ένταση, δείχνοντας μια προσαρμογή στην επαναληπτικότητα του ερεθίσματος. Αυτές οι μεγάλες κινήσεις του κορμού και οι γρήγορες κινήσεις του δεξιού χεριού στα solo snare ίσως συνέβαλαν στην αύξηση του QoM μεταξύ 3ου και 4ου μοτίβου.

5) Στο 5ο μοτίβο (μεσαιο-υψηλή συγκοπή), παρατηρούνται ελάχιστα γεγονότα snare, τα οποία ο συμμετέχων αντιλαμβάνεται άμεσα, χωρίς όμως να μπαίνει στη διαδικασία να κινήσει τα χέρια του, όπως συνέβαινε στα προηγούμενα μοτίβα. Αντίθετα, επιλέγει να εκφράσει την κινητικότητά του μέσα από μεγάλες κινήσεις του κορμού δεξιά-αριστερά, οι οποίες γίνονται πιο έντονες καθώς περνά ο χρόνος. Είναι πιθανό ότι, μετά από περίπου 1 λεπτό και 20 δευτερόλεπτα ακρόασης, ο συμμετέχων νιώθει πιο άνετα και οικεία με το beat, με αποτέλεσμα να κινείται πιο φυσικά και αυθόρμητα. Παρά τη συνειδητή προσπάθειά του να συγχρονιστεί με το beat, η αυξημένη πολυπλοκότητα του μοτίβου τον οδηγεί να κινείται εκτός ρυθμού στα περισσότερα ηχητικά γεγονότα, στοιχείο που φανερώνει την πρόκληση που θέτει το ρυθμικό πλαίσιο. Η αύξηση του δείκτη Quantity of Motion (QoM.) οφείλεται και πάλι κυρίως στις μεγάλες κινήσεις του κορμού, οι οποίες, αν και όχι πάντα συγχρονισμένες, αποτυπώνουν την προσπάθειά του να συμμετάσχει ενεργά στο groove, ακόμη κι όταν η ρυθμική ακρίβεια δεν επιτυγχάνεται.

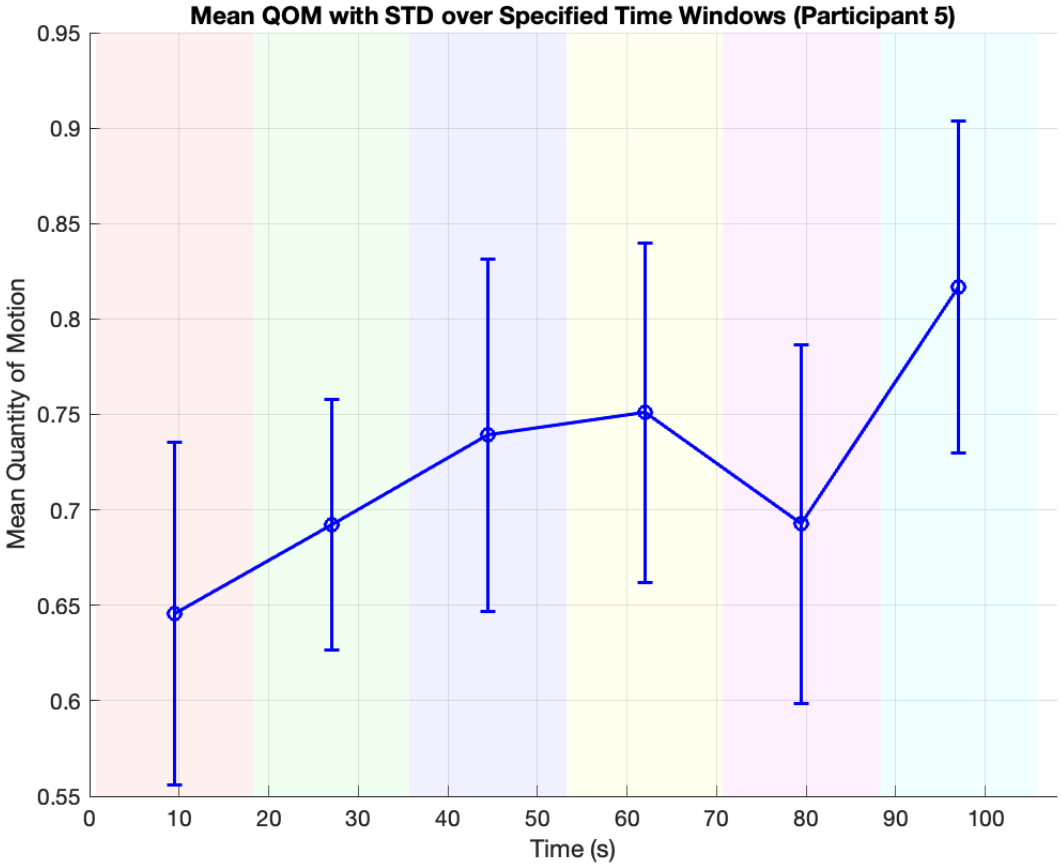
6) Στο 6ο μοτίβο της υψηλής συγκοπής, ο συμμετέχων κινεί σταθερά το κορμί του, ακόμη κι αν ορισμένες από τις κινήσεις του πραγματοποιούνται εκτός ρυθμού, γεγονός που αναδεικνύει τη δυσκολία συγχρονισμού με την αυξημένη πολυπλοκότητα του μοτίβου. Χαρακτηριστικά, στο 92ο, 97ο και 104ο δευτερόλεπτο παρατηρούνται λανθασμένες προβλέψεις, οι οποίες αποτελούν ένδειξη της δυσκολίας του να προβλέψει με ακρίβεια τα ηχητικά γεγονότα. Αξιοσημείωτο είναι ότι, για περίπου δύο δευτερόλεπτα μετά το τέλος του ηχητικού αποσπάσματος, ο συμμετέχων συνεχίζει να κινείται, γεγονός που επιβεβαιώνει το φαινόμενο της παράσυρσης (entrainment) που αναλύσαμε στη θεωρία, σύμφωνα με το οποίο η ρυθμική αίσθηση παραμένει ενεργή ακόμη και απουσία του ακουστικού ερεθίσματος. Παρά την κινητική επιμονή του, το Quantity of Motion μειώνεται αισθητά, καταλαμβάνοντας την τρίτη υψηλότερη θέση στη συνολική

βαθμολογία. Αυτό υποδηλώνει ότι τα συγκεκριμένα ακούσματα, λόγω του υψηλού βαθμού πολυπλοκότητας, δεν ήταν ιδιαίτερα οικεία στον συμμετέχοντα, με αποτέλεσμα η σωματική του ανταπόκριση να παραμένει πιο περιορισμένη σε σχέση με άλλα μοτίβα.

PARTICIPANT_5

Από το γράφημα του participant_5 (εικόνα 52), παρατηρούμε μια σταδιακή αύξηση του QoM από το 1ο μοτίβο (σταθερός ρυθμός) προς το 3ο (χαμηλό-μεσαία συγκοπή). Στη συνέχεια έχουμε μια flat μετάβαση με ελάχιστη πτώση προς το 4ο μοτίβο (μεσαία συγκοπή) και έπειτα πτώση προς το 5ο μοτίβο (μεσαιο-υψηλή συγκοπή). Τέλος, έχουμε αύξηση προς το 6ο μοτίβο (υψηλή συγκοπή) στην οποία έχουμε και την υψηλότερη τιμή.

Το σχήμα ανάποδο U σχηματίζεται μεταξύ σταθερού ρυθμού και μεσαιό-υψηλής συγκοπής. Εξ αιτίας της υψηλής τιμής της υψηλής συγκοπής καταλήγουμε τα αποτελέσματα δεν επιβεβαιώνουν τη θεωρία.



Εικόνα 52 - QoM - Participant 5

1) Στο 1ο μοτίβο (σταθερός ρυθμός), ο συμμετέχων εισέρχεται σταδιακά στον ρυθμό, ξεκινώντας με ελαφρύ λύγισμα των γονάτων και μικρές κινήσεις των ποδιών

μπρος-πίσω, οι οποίες δίνουν μια αίσθηση βασικού συγχρονισμού με το beat. Το κεφάλι του κινείται ρυθμικά πάνω-κάτω, ακολουθώντας την περιοδικότητα του ρυθμού, ενώ τα χέρια του ανοιγοκλείνουν με ομαλό τρόπο. Ωστόσο, σε αντίθεση με άλλους συμμετέχοντες, δεν επιχειρεί να προβλέψει με ακρίβεια τα ηχητικά γεγονότα, όπως τα χτυπήματα του snare ή του kick με τα χέρια του. Η κινητική του συμπεριφορά υποδηλώνει ότι, αν και αναγνωρίζει την περιοδικότητα του beat και συγχρονίζεται σε γενικό επίπεδο με τη ροή του ρυθμού, δεν καταφεύγει σε απότομες ή απόλυτα συγχρονισμένες κινήσεις. Αυτό ενδεχομένως φανερώνει μια πιο εσωτερική και συγκρατημένη εμπλοκή με το άκουσμα, όπου η σωματική αντίδραση δεν επιδιώκει την ακριβή πρόβλεψη των γεγονότων, αλλά περισσότερο τη διατήρηση μιας σταθερής ρυθμικής αίσθησης.

2) Στο 2ο μοτίβο, που χαρακτηρίζεται από χαμηλό βαθμό συγκοπής, ο συμμετέχων παρουσιάζει μεγαλύτερη σωματική κινητικότητα σε σύγκριση με το προηγούμενο. Εκτελεί ευρύτερες κινήσεις του κορμού μπρος-πίσω, ενώ συνεχίζει να λυγίζει τα γόνατά του και να κινεί το κεφάλι ρυθμικά στην περιοδικότητα του beat, δείχνοντας πως έχει αρχίσει να εναρμονίζεται περισσότερο με τον ρυθμό. Η χαμηλή συγκοπή και η αλλαγή στη ρυθμική δομή φαίνεται να τον παρακινούν να κουνά εναλλάξ τα χέρια του, προσπαθώντας να προβλέψει σε γενικές γραμμές τα γεγονότα του kick και του snare. Αυτή η ενεργητική προσπάθεια συγχρονισμού αποτυπώνει μια αυξανόμενη σύνδεση με το groove. Οι μεγαλύτερες κινήσεις του κορμού σε συνδυασμό με τις ρυθμικές κινήσεις των χεριών οδηγούν σε μια ελαφρά αύξηση του δείκτη Quantity of Motion (QoM.), γεγονός που υποδηλώνει ότι ο συμμετέχων βρήκε το συγκεκριμένο μοτίβο πιο ενδιαφέρον και ελκυστικό, προκαλώντας του μεγαλύτερη σωματική εμπλοκή.

3) Στο 3ο μοτίβο της χαμηλό-μεσαίας συγκοπής, οι κινήσεις του συμμετέχοντα εμφανίζονται ακόμα πιο μεγάλες, στοιχείο που υποδηλώνει πως βρίσκεται πλέον πιο συνειδητά μέσα στο groove. Καθ’ όλη τη διάρκεια του μοτίβου, καταφέρνει να διατηρεί σταθερά την περιοδικότητα του beat, γεγονός που φανερώνει ότι έχει εσωτερικεύσει τον ρυθμό και επιχειρεί να συγχρονιστεί μαζί του. Ωστόσο, παρά την έντονη σωματική συμμετοχή, δεν κατορθώνει να συγχρονίσει με ακρίβεια κάποιο συγκεκριμένο μέρος του σώματός του ή των άκρων του με τα περισσότερα ηχητικά γεγονότα. Η εξαίρεση παρατηρείται στο 39ο δευτερόλεπτο, όπου επιτυγχάνει να συγχρονίσει μια κίνησή του με το γεγονός του snare, στοιχείο που επιβεβαιώνει την ενεργή προσπάθεια πρόβλεψης και προσαρμογής.Η συνολική εικόνα δείχνει ότι η ενεργητική κινητικότητα και η αυξημένη ένταση των κινήσεων δεν συνοδεύονται πάντα από πλήρη ρυθμική ακρίβεια, αλλά ενισχύουν την ψυχοσωματική αίσθηση του groove, ακόμα και μέσα σε ένα περιβάλλον μεγαλύτερης ρυθμικής πολυπλοκότητας.

4) Στο 4ο μοτίβο της μεσαίας συγκοπής, συνεχίζει με παρόμοιες κινήσεις όπως στα προηγούμενα μοτίβα, διατηρώντας μια σταθερή ροή κίνησης. Ο κορμός του κινείται

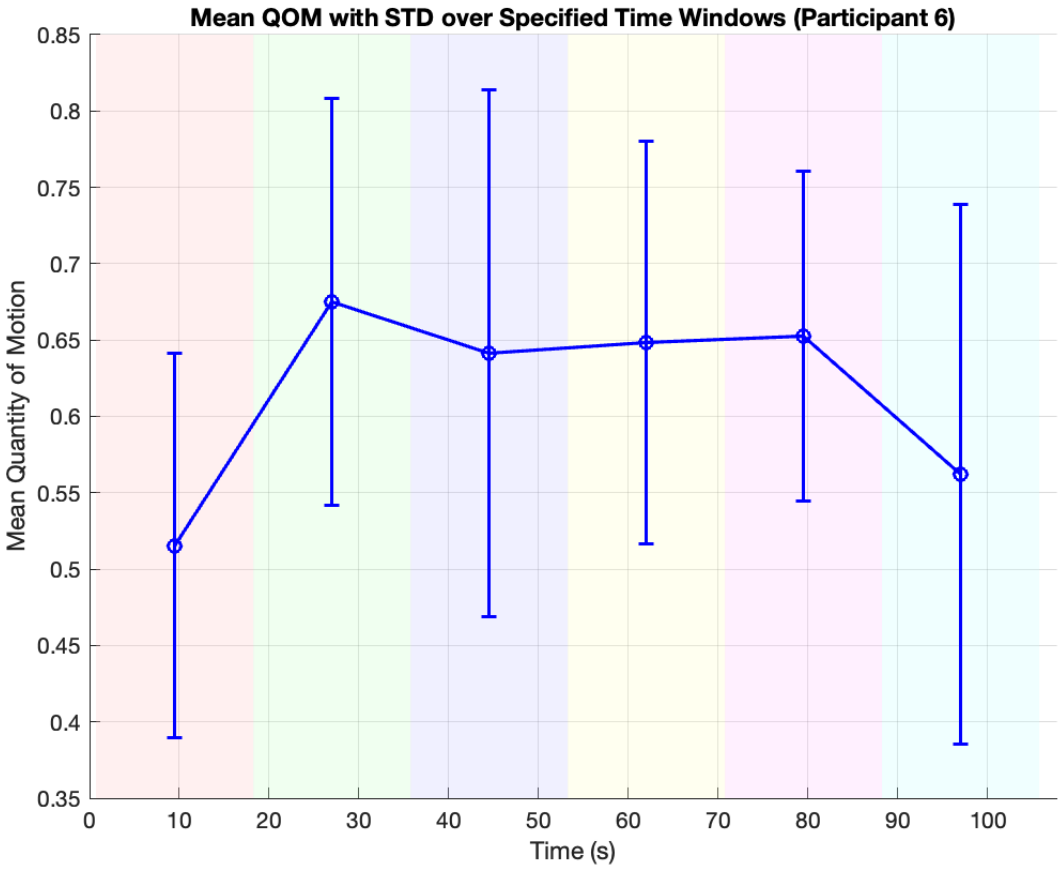
μπρος-πίσω, το κεφάλι του πάνω-κάτω, ενώ τα χέρια του παραμένουν σχεδόν ακίνητα, υποδηλώνοντας έναν πιο περιορισμένο βαθμό σωματικής εμπλοκής. Η κατάσταση αλλάζει στο 59ο έως 62ο δευτερόλεπτο, κατά τη διάρκεια του solo snare, όπου χρησιμοποιεί το αριστερό του χέρι για να εκτελέσει κινήσεις σχεδόν συγχρονισμένες με το ρυθμό. Η ένταση των κινήσεων αυξάνεται, φανερώνοντας την προσπάθειά του να ενταχθεί πλήρως στο groove. Παρ' όλα αυτά, παρά τη συγκέντρωση και την πρόθεσή του, σε γενικές γραμμές δεν καταφέρνει να διατηρήσει συνεχή συγχρονισμό, γεγονός που αποδίδεται στην πολυπλοκότητα της μεσαίας συγκοπής, η οποία δυσχεραίνει την προβλεψιμότητα και τη ρυθμική ακρίβεια. Το QoM παραμένει σταθερό δηλώνοντας ότι δεν βρήκε κάτι διαφορετικό ή πιο ενδιαφέρον σε σχέση με το προηγούμενο μοτίβο της χαμηλό-μεσαίας συγκοπής.

5) Στο 5ο μοτίβο της μεσαίο-υψηλής συγκοπής, ο συμμετέχων κινεί το κορμί του με εναλλαγές, άλλοτε εντός και άλλοτε εκτός ρυθμού, γεγονός που υποδηλώνει την προσπάθεια αλλά και τη δυσκολία συγχρονισμού λόγω της πολυπλοκότητας του μοτίβου. Το αριστερό του χέρι εκτελεί αρκετές κινήσεις εκτός ρυθμού, ειδικά στη χρονική στιγμή του snare στα 74 δευτερόλεπτα, όπου παρατηρείται εμφανής ασυγχρονία. Ωστόσο, στο 77ο δευτερόλεπτο, παρόλο που το snare εμφανίζεται με αισθητή καθυστέρηση, καταφέρνει να συγχρονίσει το αριστερό του χέρι με απόλυτη ακρίβεια, αποδεικνύοντας την ικανότητά του να προσαρμόζεται έστω στιγμιαία στις αλλαγές του ρυθμού. Μετά από αυτήν τη στιγμή επιτυχούς συγχρονισμού, συνεχίζει τις κινήσεις του κυρίως εκτός ρυθμού, με λιγότερη ένταση και μικρότερη εκρηκτικότητα σε σχέση με πριν. Αυτή η μείωση της κινητικής έντασης έχει άμεση επίπτωση στο Quantity of Motion (QoM.), το οποίο παρουσιάζει αισθητή πτώση, φανερώνοντας ότι η μείωση της σωματικής ενέργειας και της ρυθμικής ακρίβειας οδηγεί σε χαμηλότερη κινητική εμπλοκή.

6) Στο 6ο μοτίβο της υψηλής συγκοπής, ο συμμετέχων συνεχίζει να διατηρεί περιοδικές κινήσεις με τα πόδια, το σώμα και το κεφάλι, παραμένοντας σε σταθερή ρυθμική εμπλοκή. Ιδιαίτερα αξιοσημείωτο είναι ότι, στα γεγονότα του kick μεταξύ 94ου και 95ου δευτερολέπτου, καταφέρνει να συγχρονίσει τους ώμους του, μια κίνηση που δεν είχε παρατηρηθεί σε προηγούμενα μοτίβα, δείχνοντας μια νέα μορφή κινητικής προσαρμογής. Στη συνέχεια, προχωρά σε πλάγιες κινήσεις των χεριών, αν και χωρίς ιδιαίτερο συγχρονισμό με τα ρυθμικά γεγονότα. Ωστόσο, στο 104ο με 105ο δευτερόλεπτο, παρατηρείται σαφής συγχρονισμός των χεριών με τα γεγονότα του kick και του snare, αποδεικνύοντας ότι καταφέρνει στιγμιαία να βρει σταθερά σημεία αναφοράς στο πολύπλοκο μοτίβο. Συνολικά, εκτελεί μεγάλες κινήσεις με όλα τα μέρη του σώματός του, γεγονός που αποτυπώνεται και στον δείκτη Quantity of Motion (QoM.), ο οποίος παρουσιάζει την κορύφωση του φάσματος στο συγκεκριμένο μοτίβο υψηλής συγκοπής. Αυτό υποδηλώνει ότι, παρά τη ρυθμική δυσκολία, το μοτίβο αυτό προκάλεσε την εντονότερη σωματική συμμετοχή του συμμετέχοντα σε σύγκριση με τα προηγούμενα.

PARTICIPANT_6

Παρατηρώντας το γράφημα (παράδειγμα εικόνα 53) σε συνδυασμό με το αντίστοιχο βίντεο, διαπιστώνεται μια αρχική ανοδική τάση από το πρώτο προς το δεύτερο μοτίβο. Στο δεύτερο μοτίβο καταγράφεται η υψηλότερη κινητική ενεργοποίηση. Από το τρίτο έως το τέταρτο μοτίβο, ο δείκτης παραμένει σχετικά σταθερός, ενώ από το πέμπτο και κυρίως στο έκτο μοτίβο εμφανίζεται εμφανής πτωτική πορεία στην καμπύλη του QoM. Αυτή η διακύμανση είναι εναρμονισμένη με προηγούμενα ευρήματα, τα οποία υποδεικνύουν ότι η κινητική απόκριση ενισχύεται σε μέτριες συγκοπές και μειώνεται σε υψηλές ή πολύπλοκες συγκοπές.



Εικόνα 53 - QoM - Participant 6

1)Κατά τη διάρκεια του πρώτου ρυθμικού μοτίβου (σταθερός ρυθμός, χωρίς συγκοπές), ο συμμετέχων ανταποκρίνεται άμεσα στον ρυθμικό παλμό. Παρατηρείται μια ισορροπημένη, συγχρονισμένη κινητική συμπεριφορά, με το σώμα να κινείται στο beat. Τα πόδια ακολουθούν σταθερά τη ρυθμική αγωγή, το κεφάλι κινείται ελαφρώς και τα χέρια εκτελούν μικρές περιοδικές κινήσεις. Αυτή η συμμετρική σωματική ανταπόκριση δηλώνει την παρουσία groove, που προκύπτει από την προβλεψιμότητα του μοτίβου.

2)Στο δεύτερο μοτίβο (χαμηλή συγκοπή), παρατηρείται αξιοσημείωτη αύξηση στην κινητικότητα του συμμετέχοντα. Τα χέρια κινούνται πλέον με μεγαλύτερη ένταση και εύρος, κάτι που υποδεικνύει αυξημένη σωματική εμπλοκή και ενεργοποίηση. Η κίνηση διατηρείται ρυθμική και συγχρονισμένη, γεγονός που δείχνει ότι ο συμμετέχων έχει εσωτερικεύσει τη νέα, ελαφρώς πιο σύνθετη ρυθμική πληροφορία.

3)Το τρίτο μοτίβο (μεσαία συγκοπή) διατηρεί το ίδιο κινητικό μοτίβο με το προηγούμενο. Η σωματική κίνηση παραμένει έντονη και ρυθμικά συνεπής, ιδίως στα άνω άκρα, ενώ το κεφάλι και ο κορμός συνεχίζουν να ακολουθούν τον ρυθμό. Δεν παρατηρείται κάποια σημαντική διαφοροποίηση σε σχέση με το προηγούμενο στάδιο, κάτι που συνάδει με τη σταθερότητα του δείκτη QoM στη συγκεκριμένη φάση.

4)Στο τέταρτο μοτίβο (μεσαία-υψηλή συγκοπή), αρχίζει να καταγράφεται μικρός

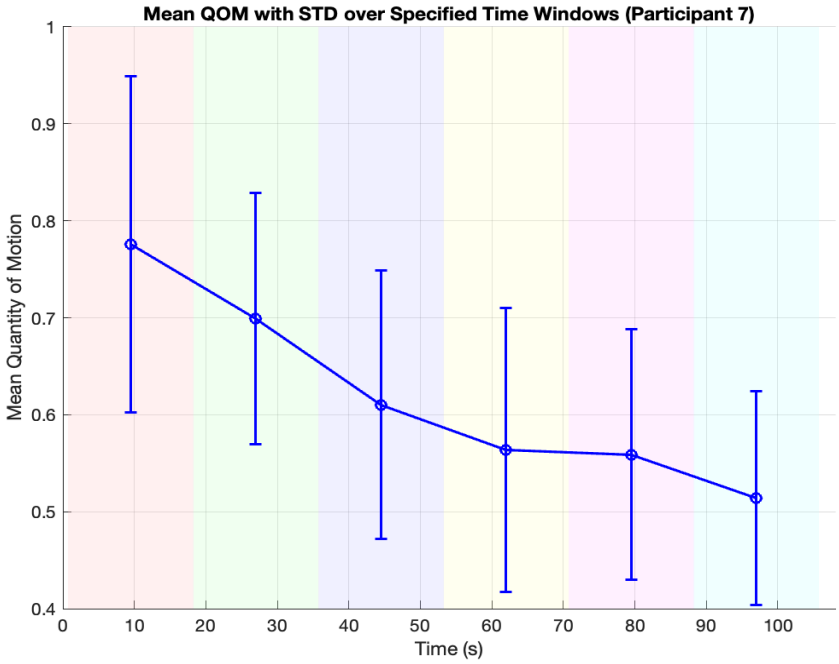
αποσυγχρονισμός. Οι κινήσεις, παρότι συνεχίζουν να εκδηλώνονται, παρουσιάζουν μικρές χρονικές αποκλίσεις σε σχέση με τα ρυθμικά γεγονότα του ήχου. Ο συμμετέχων δείχνει να προσπαθεί να παραμείνει σε επαφή με τον ρυθμό, αλλά η αυξημένη πολυπλοκότητα των συγκοπών φαίνεται να διαταράσσει τη ρυθμική προβλεψιμότητα.

5)Στο πέμπτο μοτίβο (υψηλή συγκοπή), η σωματική ανταπόκριση μειώνεται αισθητά. Ο συμμετέχων αρχίζει να γίνεται πιο στατικός, με περιορισμένες και διστακτικές κινήσεις. Η αποσυγχρονισμένη συμπεριφορά υποδηλώνει δυσκολία εσωτερίκευσης του ρυθμού και πιθανή αίσθηση αποπροσανατολισμού λόγω της ρυθμικής αστάθειας.

6)Στο έκτο και τελευταίο μοτίβο, το οποίο περιλαμβάνει υψηλού επιπέδου συγκοπές, το φαινόμενο της μειωμένης κινητικής εμπλοκής εντείνεται. Η κινητικότητα φτάνει στο χαμηλότερο σημείο, με το σώμα να παραμένει σχεδόν ακίνητο. Η έλλειψη ρυθμικών σημείων αναφοράς και η πολυπλοκότητα του ρυθμικού μοτίβου φαίνεται να επηρεάζουν αρνητικά την ικανότητα συγχρονισμού και κατ’ επέκταση, το αίσθημα του groove.

PARTICIPANT_7

Στο ακόλουθο γράφημα (όπως φαίνεται στην εικόνα 54) σε συνδυασμό με το αντίστοιχο βίντεο διαπιστώνεται ότι η κινητική ενεργοποίηση είναι υψηλότερη στο πρώτο μοτίβο, με σταδιακή πτώση έως το τέταρτο μοτίβο. Από το τέταρτο στο πέμπτο μοτίβο ο δείκτης παραμένει σταθερός, ενώ από το πέμπτο στο έκτο σημειώνεται περαιτέρω μείωση.



Εικόνα 54 - QoM - Participant 7

1) Κατά τη διάρκεια του πρώτου μοτίβου (σταθερός ρυθμός, χωρίς συγκοπές), ο συμμετέχων εκτελεί έντονες κινήσεις που περιλαμβάνουν τα χέρια, τα πόδια και το σώμα, ταλαντευόμενα δεξιά-αριστερά στο ρυθμό, υποδεικνύοντας υψηλή κινητική εμπλοκή και συγχρονισμό με το beat.

2) Στο δεύτερο μοτίβο (χαμηλή συγκοπή), παρατηρείται μείωση της κινητικότητας, με τις κινήσεις να γίνονται πιο κοφτές, γεγονός που υποδηλώνει προσπάθεια διατήρησης του ρυθμού παρά την αυξημένη πολυπλοκότητα.

3) Το τρίτο μοτίβο (μεσαία συγκοπή) χαρακτηρίζεται από περαιτέρω απώλεια ρυθμικής σταθερότητας, με τις κινήσεις να γίνονται ακόμα πιο κοφτές και τον συμμετέχοντα να προσπαθεί να ακολουθήσει το ρυθμό, ωστόσο με δυσκολία.

4) Στο τέταρτο μοτίβο (μεσαία-υψηλή συγκοπή) παρατηρείται προσπάθεια επαναφοράς στην κινητική συνέπεια, με τον συμμετέχοντα να διατηρεί κάπως τον ρυθμό, παρά τη φθίνουσα τάση στον δείκτη QoM.

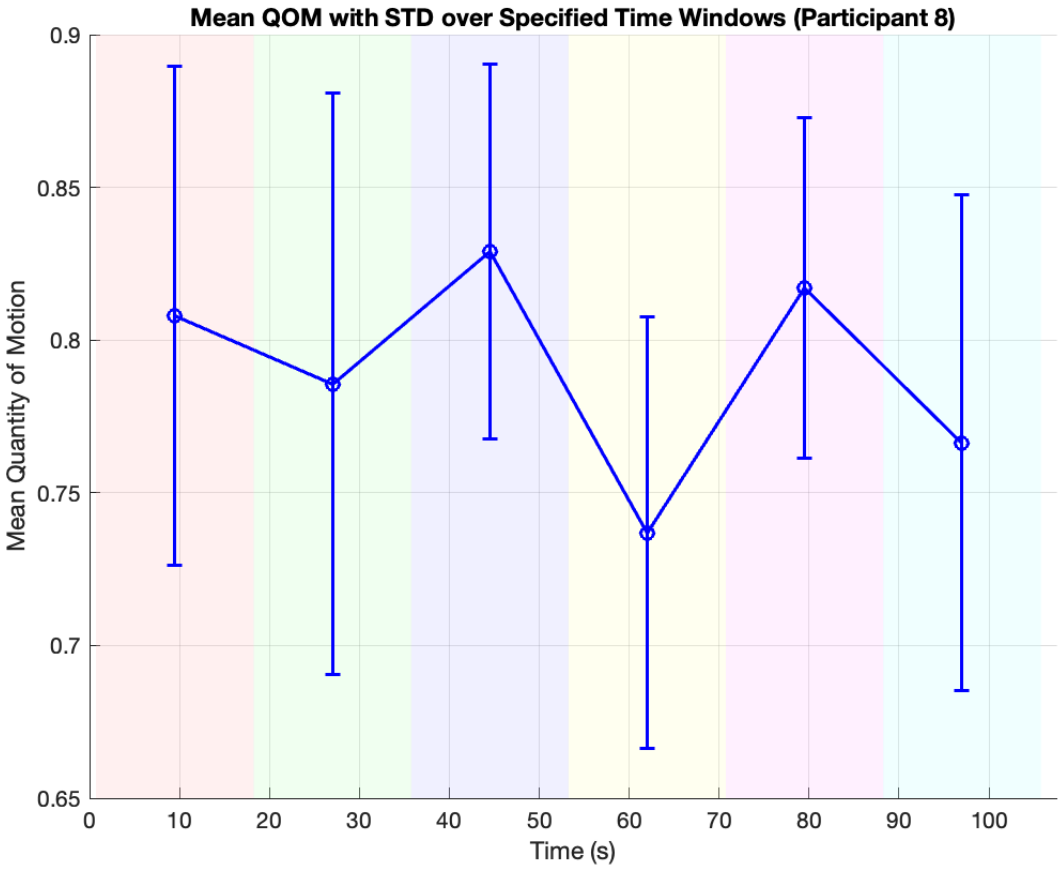
5) Το πέμπτο μοτίβο (υψηλή συγκοπή) χαρακτηρίζεται από αισθητή μείωση της κινητικότητας, με τον συμμετέχοντα να γίνεται περισσότερο στατικός και να παρουσιάζει δυσκολία στο συγχρονισμό, γεγονός που αντανακλά την αυξημένη ρυθμική δυσκολία.

6) Τέλος, στο έκτο μοτίβο (υψηλού επιπέδου συγκοπή), ο συμμετέχων χάνει σχεδόν ολοκληρωτικά το ρυθμικό μοτίβο, με το σώμα να παραμένει σχεδόν ακίνητο,

υποδεικνύοντας ότι η πολυπλοκότητα των συγκοπών εμποδίζει την εσωτερίκευση του ρυθμού και την έκφραση του groove.

PARTICIPANT_8

Στο παρακάτω γράφημα (βλέπε εικόνα 55) διαπιστώνεται μια σταθερή αρχική τιμή στο πρώτο μοτίβο, ενώ στο δεύτερο μοτίβο ο δείκτης πέφτει απότομα. Στο τρίτο μοτίβο καταγράφεται η υψηλότερη τιμή, ακολουθούμενη από μια απότομη πτώση στο τέταρτο, που αποτελεί το χαμηλότερο σημείο. Στην πέμπτη φάση παρατηρείται μια μερική ανάκαμψη, ενώ στο έκτο μοτίβο σημειώνεται νέα πτώση.



Εικόνα 55 - QoM - Participant 8

1)Κατά τη διάρκεια του πρώτου μοτίβου (σταθερός ρυθμός, χωρίς συγκοπές), ο

συμμετέχων κινεί τα χέρια του ήρεμα και σταθερά, συνοδεύοντας με ομαλές κινήσεις όλο το κορμί δεξιά και αριστερά, σε πλήρη συγχρονισμό με το ρυθμό.

2)Στο δεύτερο μοτίβο (χαμηλή συγκοπή), η κινητικότητα μειώνεται σημαντικά και οι κινήσεις γίνονται πιο κοφτές, καθώς ο συμμετέχων φαίνεται να προσπαθεί να

ακολουθήσει με ακρίβεια τον ρυθμό, σαν να τον «ψάχνει».

3)Στο τρίτο μοτίβο (μεσαία συγκοπή), ο συμμετέχων βρίσκει τον ρυθμό πιο έντονα και η κινητικότητα αυξάνεται αισθητά, με πιο ζωηρές και εκφραστικές κινήσεις.

4)Στο τέταρτο μοτίβο (υψηλή συγκοπή), παρατηρείται απότομη πτώση στην κινητική ενεργοποίηση, καθώς ο συμμετέχων χάνει την ενέργειά του και η κίνηση γίνεται πιο αδύναμη και λιγότερο συγχρονισμένη.

5)Στο πέμπτο μοτίβο (πολύπλοκη συγκοπή), υπάρχει μια προσπάθεια επαναφοράς της κινητικότητας, με τον συμμετέχοντα να αυξάνει τη συμμετοχή του και να «βρίσκει» ξανά τον ρυθμό σε κάποιο βαθμό.

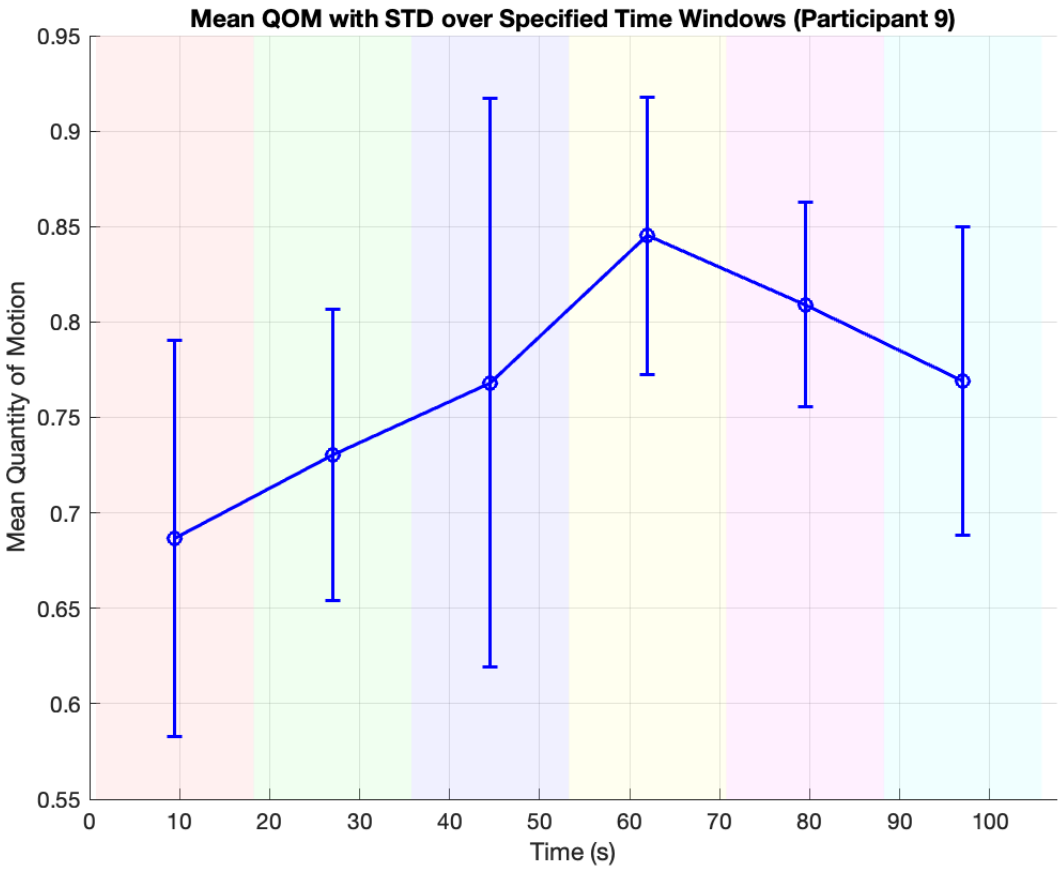
6)Τέλος, στο έκτο μοτίβο (πολύπλοκη/υψηλού επιπέδου συγκοπή), η κινητική

ενεργοποίηση μειώνεται ξανά, υποδεικνύοντας δυσκολία διατήρησης του συγχρονισμού και μείωση του αισθήματος groove.

PARTICIPANT_9

Παρατηρώντας το παρακάτω γράφημα (εικόνα 56) σε συνδυασμό με το αντίστοιχο βίντεο του συμμετέχοντα 9, διαπιστώνεται μια συνεχής ανοδική πορεία της κινητικής δραστηριότητας από το πρώτο έως και το τέταρτο μοτίβο, όπου καταγράφεται και η υψηλότερη τιμή. Στο πέμπτο μοτίβο ο δείκτης παρουσιάζει πτώση, ενώ στο έκτο μειώνεται ακόμη περισσότερο, υποδηλώνοντας υποχώρηση της σωματικής εμπλοκής. Η τάση αυτή επιβεβαιώνει προηγούμενα ευρήματα, που δείχνουν αυξημένη κινητική απόκριση σε μέτριες συγκοπές και μείωση σε συνθήκες αυξημένης ρυθμικής

πολυπλοκότητας.



Εικόνα 56 - QoM - Participant 9

1)Κατά τη διάρκεια του πρώτου μοτίβου (σταθερός ρυθμός, χωρίς συγκοπές), ο συμμετέχων κινεί σταδιακά όλο το κορμί του, προσπαθώντας να ευθυγραμμιστεί με τον ρυθμό. Η κινητικότητα ξεκινά ήπια και αργά, ενώ προς το τέλος του μοτίβου αρχίζει να εντάσσει και τα χέρια στην κίνηση.

2)Στο δεύτερο μοτίβο (χαμηλή συγκοπή), η κινητική δραστηριότητα εντείνεται. Ο συμμετέχων κινεί το σώμα και τα χέρια του με μεγαλύτερη άνεση και ρυθμική συνέπεια, αποτυπώνοντας μεγαλύτερη αίσθηση groove.

3)Το τρίτο μοτίβο (μεσαία συγκοπή) ενισχύει ακόμα περισσότερο τη σωματική έκφραση. Τα χέρια κινούνται πιο δυναμικά, και ο κορμός συμμετέχει πιο ενεργά στις ρυθμικές αλλαγές, κάτι που αντικατοπτρίζεται και στην αυξημένη τιμή του QoM.

4)Στο τέταρτο μοτίβο (μεσαία-υψηλή συγκοπή), ο συμμετέχων φαίνεται να ενσωματώνει πλήρως τον ρυθμό, με την κίνηση να κορυφώνεται και να αποπνέει αίσθημα σιγουριάς και εσωτερίκευσης της ρυθμικής πληροφορίας.

5)Στο πέμπτο μοτίβο (υψηλή συγκοπή), η κινητικότητα αρχίζει να μειώνεται. Ο

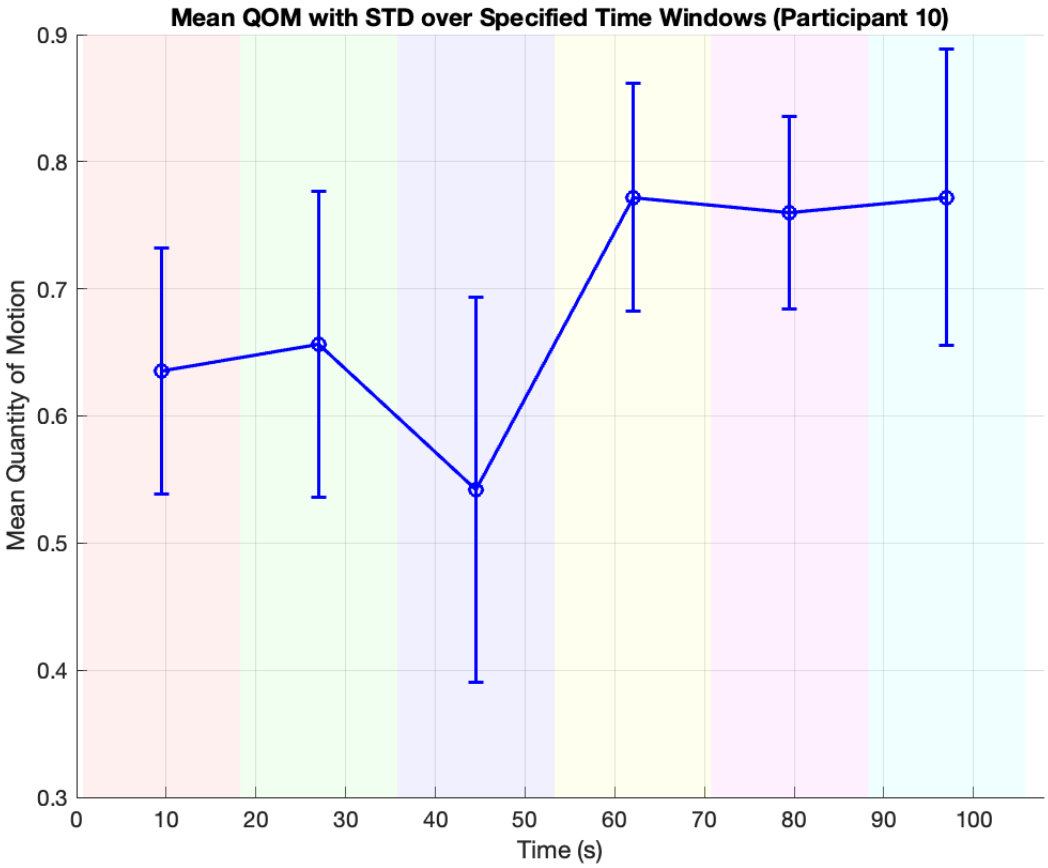
συμμετέχων δείχνει να χαλαρώνει και να απομακρύνεται ελαφρώς από τον ρυθμό, με λιγότερο συνεπείς κινήσεις και μερική απώλεια συγχρονισμού.

6)Τέλος, στο έκτο μοτίβο (πολύπλοκη συγκοπή), η σωματική εμπλοκή μειώνεται ακόμη περισσότερο. Οι κινήσεις γίνονται αραιές και λιγότερο ρυθμικές, υποδηλώνοντας αδυναμία πλήρους αφομοίωσης του σύνθετου ρυθμικού πλαισίου και σημαντική εξασθένιση του αισθήματος groove.

PARTICIPANT_10

Στο εξής γράφημα (παράδειγμα εικόνα 57) εντοπίζεται αρχικά μια σταθερή κινητική εκκίνηση, με την ένταση να αυξάνεται ελαφρώς στο δεύτερο μοτίβο. Στο τρίτο μοτίβο σημειώνεται απότομη πτώση, η χαμηλότερη τιμή του γραφήματος , υποδηλώνοντας σημαντική μείωση της κινητικής εμπλοκής.

Στο τέταρτο μοτίβο καταγράφεται εκ νέου άνοδος της κίνησης, η οποία ακολουθείται από μια μικρή πτώση στο πέμπτο, και μια ελαφριά επανάκαμψη στο έκτο μοτίβο, σε επίπεδα παρόμοια με εκείνα του τέταρτου. Η κυματοειδής αυτή πορεία αντανακλά προσπάθειες συγχρονισμού με τα διαφορετικά ρυθμικά μοτίβα, με εμφανείς διακυμάνσεις ως προς την εμπλοκή και τον συγχρονισμό.



Εικόνα 57 - QoM - Participant 10

1)Κατά τη διάρκεια του πρώτου μοτίβου (σταθερός ρυθμός, χωρίς συγκοπές), η συμμετέχουσα εκδηλώνει μια ήπια και συγκρατημένη κινητικότητα. Κινεί ελαφρά τα γόνατα και το σώμα της δεξιά και αριστερά, ωστόσο τα χέρια της παραμένουν σε σχετικά αμήχανη θέση, υποδηλώνοντας έναν αρχικό δισταγμό στην ανταπόκριση στο ρυθμό.

2)Στο δεύτερο μοτίβο (χαμηλή συγκοπή), παρατηρείται ελαφρά βελτίωση στον συγχρονισμό. Η συμμετέχουσα δείχνει να αρχίζει να αφομοιώνει τον ρυθμό, με την κινητικότητα να αυξάνεται ελαφρώς, ιδίως στον κορμό.

3)Στο τρίτο μοτίβο (μεσαία συγκοπή), σημειώνεται κατακόρυφη πτώση στην κινητική απόκριση. Η συμμετέχουσα παραμένει σχεδόν ακίνητη, με τις κινήσεις να γίνονται σποραδικές και αμήχανες, γεγονός που δείχνει αδυναμία εσωτερίκευσης του νέου, πιο σύνθετου ρυθμικού μοτίβου.

4)Στο τέταρτο μοτίβο (μεσαία-υψηλή συγκοπή), η κινητικότητα επανέρχεται. Η συμμετέχουσα φαίνεται να επαναπροσεγγίζει τον ρυθμό, με αυξημένη κίνηση του

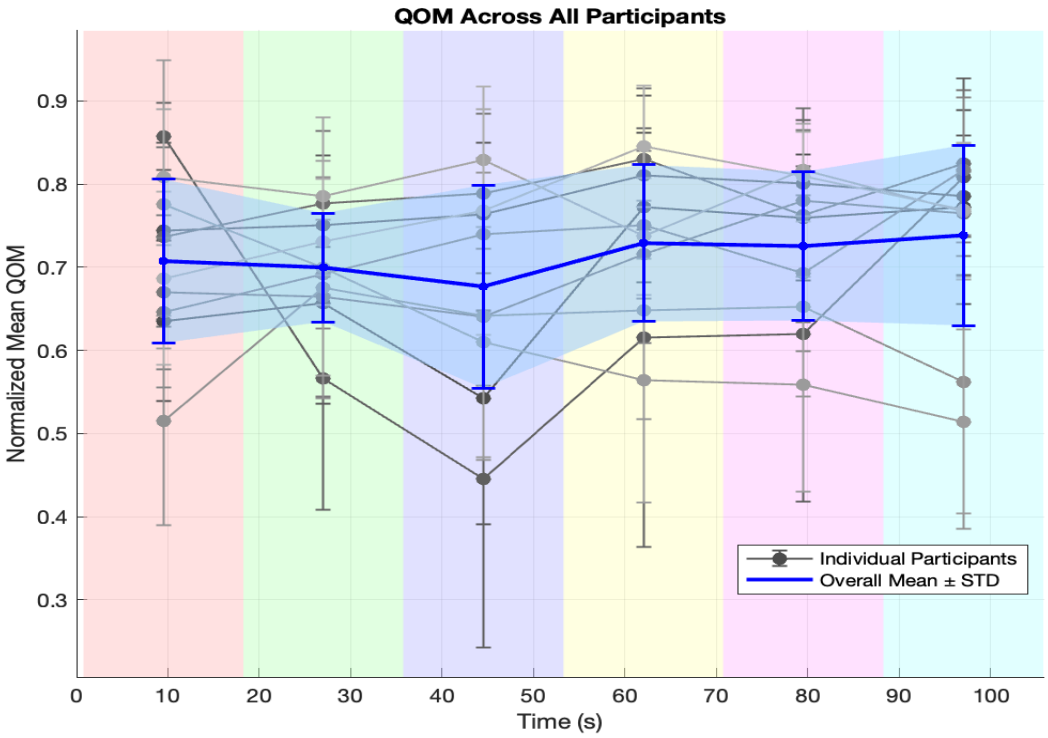
σώματος και μια πιο ενεργή προσπάθεια συγχρονισμού.

5)Στο πέμπτο μοτίβο (υψηλή συγκοπή), παρατηρείται μικρή υποχώρηση στη σωματική έκφραση. Ο ρυθμικός συγχρονισμός αρχίζει να αποδυναμώνεται, με την κίνηση να χάνει ξανά τη συνοχή της.

6)Στο έκτο μοτίβο (πολύπλοκη συγκοπή), η συμμετέχουσα εμφανίζει ελαφρά σημάδια κινητικής επανάκαμψης. Προσπαθεί να συγχρονιστεί και να επανενταχθεί στον ρυθμικό παλμό, με το QoM να καταγράφει μια μικρή αύξηση, χωρίς ωστόσο να φτάνει τα επίπεδα πλήρους εμπλοκής.

4.2 - Συνολικό QoM

Παίρνοντας όλα τα παραπάνω αποτελέσματα του καθενός συμμετέχοντα ξεχωριστά,αποτυπώνεται το παρακάτω διάγραμμα (όπως φαίνεται στην εικόνα 58) , το οποίο περιγράφει περιγράφει τον μέσο όρο του Quantity of Motion ανά χρονικό παράθυρο ρυθμικού μοτίβου για όλους τους συμμετέχοντες (Overall Mean STD - Μπλε Γραμμή), αλλά και για κάθε συμμετέχοντα ξεχωριστά (Γκρι γραμμές).



Εικόνα 58 - Quantity of Motion All Participants

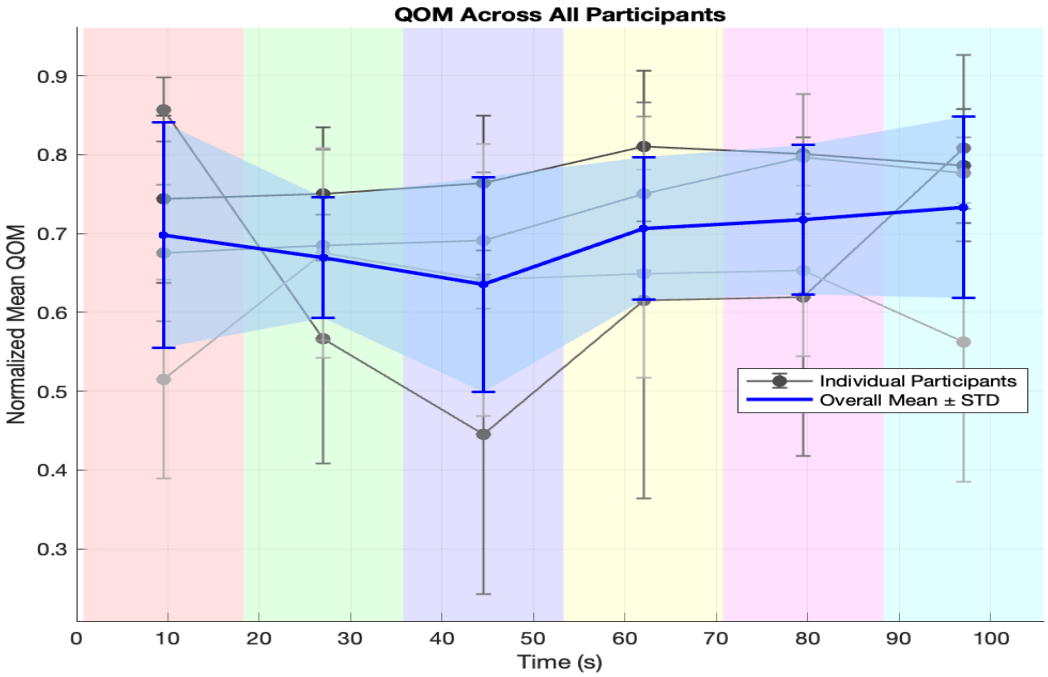
- Ο κάθετος άξονας Υ είναι οι κανονικοποιημένες τιμές του μέσου όρου QoM με κλίμακα 0-1 και ο οριζόντιος άξονας Χ είναι ο χρόνος (s) με κλίμακα 0-105s.
- Οι μπλε μπάρες βρίσκονται στη μέση του κάθε ρυθμικού μοτίβου και περιγράφουν την τυπική απόκλιση του QoM ανά μοτίβο. Οι χρωματιστές περιοχές αντιστοιχούν στα διαφορετικά ρυθμικά μοτίβα τα οποία αλλάζουν ανά 17.5s.
- Η μπλε περιοχή γύρω από τη μέση τιμή του QoM δείχνει τη διασπορά των τιμών. Όσο πιο στενή, τόσο πιο κοντά μεταξύ τους είναι οι τιμές QoM των συμμετεχόντων, δηλαδή έχουμε πιο ομοιόμορφη κινητική συμπεριφορά.Όσο πιο φαρδιά είναι η μπλε περιοχή, τόσο πιο πολύ διαφέρουν μεταξύ τους οι συμμετέχοντες (άλλοι κινούνται πολύ, άλλοι λίγο).

1) Το διάγραμμα παρουσιάζει αρχικά μια ελαφρώς πτωτική πορεία από το 1ο έως το 3ο μοτίβο (Χαμηλο-Μεσαία Συγκοπή), όπου παρατηρείται και η χαμηλότερη τιμή του QoM. Στη συνέχεια, η καμπύλη εμφανίζει μια απότομη άνοδο προς το 4ο μοτίβο (Μεσαία Συγκοπή) , η οποία συνεχίζεται ήπια και στα επόμενα μοτίβα. Η συνολική τάση χαρακτηρίζεται από μια μικρή αρχική πτώση και ακολούθως μια σταθερή ανοδική πορεία, που κορυφώνεται στο 6ο μοτίβο της Υψηλής Συγκοπής με την υψηλότερη μέση τιμή.

Όσο για τη διασπορά των τιμών (Μπλε περιοχή) παρατηρούμε ότι στο 2ο μοτίβο, αυτό της χαμηλής συγκοπής είναι μικρότερη σε σχέση με το 1ο μοτίβο του σταθερού ρυθμού. Στη συνέχεια, αυξάνεται στο 3ο μοτίβο της χαμηλό-μεσαίας συγκοπής, στενεύει ελάχιστα στο 4ο της μεσαίας συγκοπής και λίγο ακόμα στο 5ο της μεσαιό-υψηλής και τέλος 6ο μοτίβο της υψηλής συγκοπής ξαναυξάνεται.

4.3 - QoM Μουσικών έναντι Μη-Μουσικών

Παρά το μικρό μέγεθος της βάσης δεδομένων μας, στη συνέχεια αποφασίσαμε να διαχωρίσουμε τους συμμετέχοντες σε μουσικούς και μη-μουσικούς βασισμένοι στη παιδεία τους. Μουσικούς ονομάσαμε τους Participant 1 (Χορεύτρια) , Participant 2 (DJ), Participant 4 (DJ), Participant 6 (Χορεύτρια). Μη μουσικούς ονομάσαμε τους υπόλοιπους συμμετέχοντες οι οποίοι δεν έχουν μουσική παιδεία (Participant 3,5,7,8,9,10).

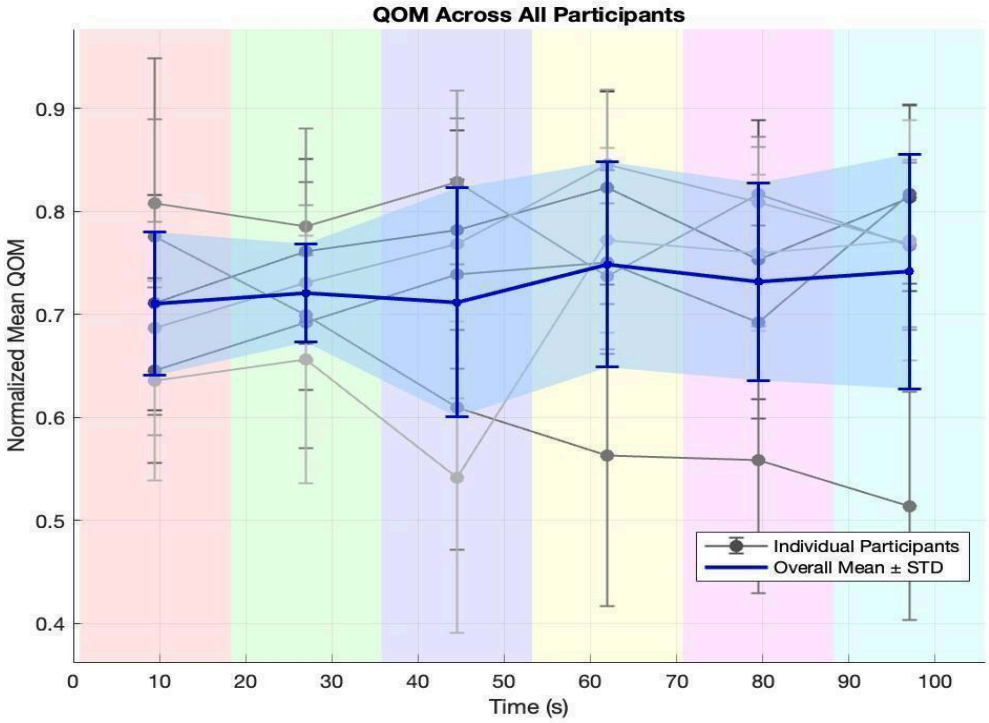


Εικόνα 59 - Quantity of Motion (Musicians)

Το παραπάνω διάγραμμα (βλέπε εικόνα 59) περιγράφει τον μέσο όρο του Quantity of Motion μόνο των συμμετεχόντων που είναι μουσικοί (Musicians).

Πιο συγκεκριμένα, εμφανίζει αρχικά μια ήπια καθοδική πορεία από το 1ο έως το 3ο μοτίβο (Χαμηλο-Μεσαία Συγκοπή), στο οποίο παρατηρείται και η χαμηλότερη μέση τιμή. Στη συνέχεια, η καμπύλη παρουσιάζει μια ανοδική πορεία προς το 4ο μοτίβο, η οποία συνεχίζεται και στα επόμενα μοτίβα, οδηγώντας σε μια σταθερή αύξηση έως το 6ο μοτίβο της Υψηλής Συγκοπής.

Η διασπορά τιμών στο 2ο μοτίβο της χαμηλής συγκοπής είναι πολύ πιο μικρή σε σχέση με το 1ο του σταθερού ρυθμού, στη συνέχεια γίνεται πιο μεγάλη στο 3ο μοτίβο της χαμηλό-μεσαίας συγκοπής, μικραίνει στο 4ο και 5ο μοτίβο (μεσαία, μεσαιό-υψηλή συγκοπή) και μεγαλώνει ξανά στο 6ο μοτίβο της υψηλής συγκοπής.



Εικόνα 60 - Quantity of Motion (Non-Musicians)

Το παραπάνω διάγραμμα (εικόνα 60) περιγράφει τον μέσο όρο του Quantity of Motion μόνο των συμμετεχόντων που είναι Μη-Μουσικοί. (Non-Musicians).

Πιο συγκεκριμένα, παρατηρούμε μια μικρή αύξηση από το 1ο στο 2ο μοτίβο και στη συνέχεια μια μικρή πτώση στο 3ο μοτίβο της μεσαίο-υψηλής συγκοπής όπου παρατηρείται και η μικρότερη μέση τιμή. Έπειτα στο 4ο μοτίβο της μεσαίας συγκοπής έχουμε απότομη αύξηση και της υψηλότερη μέση τιμή τους QoM. Στο 5ο μοτίβο έχουμε μια μικρή πτώση και τέλος στο 6ο μοτίβο της υψηλής συγκοπής μια πολύ μικρή αύξηση.

Η διασπορά τιμών μικραίνει στο 2ο μοτίβο της χαμηλής συγκοπής σε σχέση με το 1ο του σταθερού ρυθμού, μεγαλώνει απότομα στο 3ο της μεσαιό-υψηλής και διατηρεί σε γενικές γραμμές αυτό το εύρος τιμών και στα επόμενα μοτίβα μέχρι το τελευταίο της υψηλής συγκοπής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα έρευνα είχε ως στόχο τη διερεύνηση της σχέσης ανάμεσα στη ρυθμική δομή της μουσικής και την κινητική απόκριση των ακροατών, με κεντρικό άξονα το φαινόμενο του groove. Μέσω πειραματικής ανάλυσης οπτικών δεδομένων, επιχειρήθηκε η αντικειμενική αποτύπωση της κινητικής δραστηριότητας που προκαλείται από μουσικά ερεθίσματα με διαφορετικό βαθμό ρυθμικής πολυπλοκότητας. Παρακάτω ακολουθούν τα συμπεράσματα στα οποία καταλήξαμε, ενώ στη συνέχεια παρατίθενται και κάποιες προτάσεις για μελλοντικές επεκτάσεις του πειράματός μας.

Παρατηρώντας την εξέλιξη του διαγράμματος του ολικού QoM (Εικόνα 58), διαπιστώνεται ότι η μορφή της καμπύλης δεν επιβεβαιώνει πλήρως τη θεωρία. Κατά τη μετάβαση από τη χαμηλο-μεσαία προς τη μεσαία συγκοπή παρατηρείται μια μερική σύγκλιση με τα θεωρητικά αναμενόμενα, καθώς η πλειοψηφία των συμμετεχόντων φαίνεται να αυξάνει την ένταση των κινήσεών της, υποδηλώνοντας ότι το συγκεκριμένο μοτίβο τους «έβαλε στο groove». Παρ’ όλα αυτά, στο σύνολό της η καμπύλη δεν εμφανίζει την προβλεπόμενη συμπεριφορά, καθώς οι μέγιστες τιμές δεν εντοπίζονται στο μοτίβο της μεσαίας συγκοπής όπως θα αναμενόταν θεωρητικά. Πιο συγκεκριμένα, σε αντίθεση με τη θεωρία, από το δεύτερο μοτίβο και έπειτα, δηλαδή από από το μοτίβο της χαμηλής συγκοπής προς εκείνο της χαμηλο-μεσαίας συγκοπής, δεν παρατηρείται σταδιακή αύξηση και στη συνέχεια πτώση του QoM. Ενώ η θεωρία θα προέβλεπε μείωση του QoM στις συνθήκες με μεσαιο-υψηλή και υψηλή συγκοπή, τα δεδομένα δείχνουν ότι οι περισσότεροι συμμετέχοντες διατήρησαν υψηλά επίπεδα κινητικότητας ακόμη και σε αυτές τις ρυθμικά πιο πολύπλοκες συνθήκες.

Τα διαγράμματα QoM τόσο των μουσικών (Εικόνα 59) όσο και των μη-μουσικών (Εικόνα 60) δείχνουν να εξελίσσεται με παρόμοιο τρόπο με εκείνο όλων των συμμετεχόντων, καθώς ούτε και σε αυτήν την περίπτωση παρατηρείται το χαρακτηριστικό σχήμα του ανάποδου U. Αντίστοιχα, οι τυπικές αποκλίσεις φαίνεται να ακολουθούν παρόμοια τάση με εκείνη του συνολικού QoM για το σύνολο των συμμετεχόντων, υποδηλώνοντας υψηλή κινητική ασυμφωνία σε όλα τα ρυθμικά μοτίβα, με πιθανή εξαίρεση το δεύτερο μοτίβο της χαμηλής συγκοπής, γεγονός που μπορεί να σχετίζεται με τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω. Μια μικρή αλλά ουσιαστική διαφορά είναι ότι στο δείγμα των μουσικών διακρίνονται πιο απότομες αυξομειώσεις των μέσων τιμών ανάμεσα στα διαδοχικά μοτίβα, στοιχείο που ενδέχεται να αντανακλά μεγαλύτερη ευαισθησία στην αντίληψη των αλλαγών στη συγκοπή. Σε κάθε περίπτωση πάντως, δεν παρατηρείται το βιβλιογραφικά αναμενόμενο σχήμα ανεστραμμένου U, ούτε στο

σύνολο των συμμετεχόντων ούτε στα υποσύνολά τους (μουσικοί έναντι μη μουσικών). Η συμπεριφορά αυτή μπορεί να αποδοθεί σε διάφορα αίτια.

Την πιο πιθανή αιτία απόκλισης αποτελεί το μικρό δείγμα συμμετεχόντων (μόλις 10), που οφείλεται στο περιορισμένο χρονοδιάγραμμα για την εκπόνηση του πειράματος. Μία άλλη πιθανή αιτία απόκλισης ενδέχεται να είναι η ποσοτικοποίηση της πραγματικής κίνησης των συμμετεχόντων με διαφορετικό τρόπο από ότι στη βιβλιογραφία και συγκεκριμένα μέσω του δείκτη QoM, που υπολογίζεται από καταγεγραμμένα βίντεο με τη μέθοδο του Frame Differencing. Επιπλέον, η παρατηρούμενη απόκλιση ενδέχεται να σχετίζεται με το γεγονός ότι σε κάθε μεταβολή του βαθμού συγκοπής οι συμμετέχοντες χρειάζονταν ένα σύντομο χρονικό διάστημα προσαρμογής στο νέο, και ενδεχομένως ανοίκειο, ακουστικό ερέθισμα. Αυτό υποδηλώνει ότι, σε μεθοδολογικό επίπεδο, θα ήταν σκόπιμο να αποκλειστούν οι μετρήσεις που αντιστοιχούν στο αρχικό χρονικό διάστημα κάθε μοτίβου.

Μετά από επανειλημμένες θεάσεις του βιντεοληπτικού υλικού διαπιστώθηκε ότι, παρά την αυξημένη ρυθμική πολυπλοκότητα των μοτίβων με υψηλότερα επίπεδα συγκοπής, οι συμμετέχοντες παρουσίασαν τάση διατήρησης των κινήσεών τους σε επίπεδα παρόμοιας έκτασης και έντασης με εκείνα της μεσαίας συγκοπής, έχοντας ήδη «εισέλθει στο groove». Το εύρημα αυτό ενδέχεται να αναδεικνύει έναν περιορισμό της πειραματικής μεθοδολογίας, και συγκεκριμένα το γεγονός ότι τα ηχητικά ερεθίσματα παρουσιάστηκαν με προοδευτικά αυξανόμενο βαθμό συγκοπής (από χαμηλό σε υψηλό). Η συγκεκριμένη ακολουθία είναι πιθανό να καλλιέργησε ρυθμικές προσδοκίες, ακολουθώντας την αυξανόμενη ρυθμική πολυπλοκότητα, και να οδήγησε σε πιο στρατηγική ή επιτηδευμένη προσαρμογή της κινητικής δραστηριότητας των συμμετεχόντων.

Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι η συνολική διάρκεια του ηχητικού αποσπάσματος ανερχόταν σε 1 λεπτό και 45 δευτερόλεπτα, ενώ η διάρκεια του κάθε επιμέρους ρυθμικού μοτίβου ήταν 17,5 δευτερόλεπτα. Για έναν ακροατή που εκτίθεται για μία και μοναδική φορά σε ένα τόσο σύντομο ηχητικό απόσπασμα με πολύπλοκους ρυθμούς, ο διαθέσιμος χρόνος δεν φαίνεται να είναι επαρκής, ώστε να αφομοιώσει τον τρόπο με τον οποίο τα ρυθμικά γεγονότα κατανέμονται στο μέτρο, να εντοπίσει σταθερά τον παλμό και, τελικά, να «μπει στο groove». Με άλλα λόγια, η χρονική διάρκεια των μοτίβων πιθανότατα ίσως να μην επέτρεψε τη διαμόρφωση μιας σταθερής εσωτερικής αναπαράστασης του ρυθμού. Σε ορισμένους συμμετέχοντες, μάλιστα, παρατηρήθηκε μια αμηχανία, ιδίως προς το τέλος του ηχητικού αποσπάσματος, η οποία ίσως μπορεί να αποδοθεί στον ανεπαρκή χρόνο εξοικείωσης με τα διαδοχικά εναλλασσόμενα ρυθμικά μοτίβα.

Επειδή το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε αμφιθέατρο και όχι σε έναν οικείο και φυσικό χώρο για αυτού του τύπου δραστηριότητες (π.χ. club), δεν ήταν δυνατό να διασφαλιστεί επαρκώς η οικολογική εγκυρότητα των δεδομένων. Ο ανοίκειος αυτός χώρος πιθανώς να οδήγησε τους συμμετέχοντες σε συγκρατημένη κινητική συμπεριφορά, γεγονός που ενδέχεται να εμπόδισε την πλήρη ένταξή τους στο groove, κάτι που αποτυπώνεται στους υπολογισμούς του QoM. Με άλλα λόγια, οι συνθήκες του περιβάλλοντος δεν αντανακλούσαν πιστά το φυσικό πλαίσιο μέσα στο οποίο οι συμμετέχοντες θα κινούνταν αυθόρμητα και με μεγαλύτερη εκφραστικότητα.

Από την Εικόνα 58 παρατηρούνται υψηλά επίπεδα τυπικής απόκλισης ανά μοτίβο (μπλε σκιασμένες ζώνες), γεγονός που υποδηλώνει σημαντική ασυμφωνία στην κινητική ανταπόκριση των συμμετεχόντων στα ηχητικά ερεθίσματα, με ορισμένους να κινούνται εντονότερα και άλλους πιο υποτονικά. Σε συνδυασμό με το περιορισμένο μέγεθος του δείγματος, το εύρημα αυτό δεν επιτρέπει την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων. Πιθανή εξαίρεση αποτελεί το δεύτερο μοτίβο (χαμηλής συγκοπής), στο οποίο οι συμμετέχοντες φαίνεται να συγκλίνουν σε μειωμένα επίπεδα κινητικής δραστηριότητας. Η σύγκλιση αυτή ενδέχεται να σχετίζεται με το γεγονός ότι πρόκειται για την πρώτη απόκλιση από τον σταθερό ρυθμό, για την οποία οι συμμετέχοντες δεν ήταν εκ των προτέρων προετοιμασμένοι.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

Η οπτική ανάλυση κίνησης μέσω του δείκτη QoM, ο οποίος προκύπτει από την τεχνική του frame differencing, ανέδειξε τη δυνατότητα χρήσης λιτών και χαμηλού κόστους τεχνολογικών μέσων για την ποσοτικοποίηση της σωματικής απόκρισης στη μουσική. Παρότι η μεθοδολογία αυτή βασίζεται σε σχετικά απλό εξοπλισμό, παρείχε μετρήσιμα δεδομένα που αποτυπώνουν τόσο την ενέργεια όσο και το εύρος της κίνησης, επιτρέποντας αντικειμενικές συγκρίσεις μεταξύ διαφορετικών ρυθμικών μοτίβων. Υπό αυτό το πρίσμα, η παρούσα μελέτη μπορεί να λειτουργήσει ως μεθοδολογικό σημείο εκκίνησης για τη μελλοντική διερεύνηση του groove, τόσο σε ελεγχόμενα εργαστηριακά περιβάλλοντα όσο και σε πιο οικολογικά έγκυρες συνθήκες. Με βάση τα αποτελέσματα, αλλά και την εμπειρία από την εφαρμογή της πειραματικής διαδικασίας, προκύπτουν ορισμένες κατευθύνσεις για πιθανές μελλοντικές επεκτάσεις, οι οποίες θα μπορούσαν να ενισχύσουν τόσο τη μεθοδολογική ακρίβεια όσο και την ερμηνευτική ισχύ παρόμοιων μελετών.

(α) Μέγεθος και ποικιλία δείγματος συμμετεχόντων

Η διεύρυνση του αριθμού και της ποικιλίας των συμμετεχόντων αποτελεί κρίσιμη μελλοντική κατεύθυνση για την ενίσχυση της αξιοπιστίας και της γενικευσιμότητας των ευρημάτων σχετικά με την κινητική απόκριση στο groove. Μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να εντάξουν ένα μεγαλύτερο δείγμα, συμπεριλαμβάνοντας διαφορετικές ηλικιακές ομάδες, πληθυσμούς με ποικίλο πολιτισμικό υπόβαθρο, καθώς και άτομα με διαφοροποιημένα επίπεδα μουσικής ή χορευτικής εμπειρίας. Η ενσωμάτωση τέτοιας ποικιλομορφίας θα επέτρεπε την πιο συστηματική διερεύνηση ατομικών διαφορών ως προς τη ρυθμική αντίληψη, τη συναισθηματική ανταπόκριση και την ενσώματη συμμετοχή. Επιπλέον, η ανάλυση υποομάδων όπως μουσικοί, μη μουσικοί, άτομα με χορευτική εκπαίδευση ή διαφορετική έκθεση σε είδη μουσικής θα μπορούσε να αποκαλύψει διακριτά πρότυπα κινητικής συμπεριφοράς και διαφορετικούς μηχανισμούς εμπλοκής με τη ρυθμική πολυπλοκότητα.

(β) Καταλληλότητα χώρου διεξαγωγής πειράματος

Σε ένα μελλοντικό, παρόμοιο πείραμα, θα ήταν μεθοδολογικά σκόπιμο είτε να επιλεγεί δείγμα συμμετεχόντων ήδη εξοικειωμένων με τον τύπο του χώρου

διεξαγωγής (π.χ. φοιτητές ή διδάσκοντες που δραστηριοποιούνται τακτικά σε πανεπιστημιακά αμφιθέατρα), είτε να πραγματοποιηθεί η πειραματική διαδικασία σε ένα περιβάλλον πιο οικείο για τους συμμετέχοντες, όπως ένα club. Η δεύτερη επιλογή, ωστόσο, θα απαιτούσε ιδιαίτερη μεθοδολογική μέριμνα, καθώς θα έπρεπε να διασφαλιστεί η οπτική επαφή με μεμονωμένους συμμετέχοντες κάτι δύσκολα εφικτό στις συνήθεις συνθήκες λειτουργίας ενός club καθώς και η καταλληλότητα του χώρου για την εφαρμογή της μεθόδου frame differencing. Συγκεκριμένα, θα ήταν απαραίτητη η ύπαρξη ανοιχτόχρωμου (ιδανικά λευκού) φόντου που να εξασφαλίζει επαρκή χρωματική αντίθεση με τα συνήθως σκούρα ρούχα των συμμετεχόντων, ώστε να καταστεί δυνατή η αξιόπιστη εξαγωγή του δείκτη QoM.

(γ) Διάρκεια ηχητικών ερεθισμάτων

Σε μελλοντικό πείραμα, θα ήταν σκόπιμο η διάρκεια των ηχητικών αποσπασμάτων και των ρυθμικών μοτίβων να προσαρμοστεί στο υπόβαθρο και την παιδεία των ακροατών. Για ακροατές με μουσική εκπαίδευση, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ένα ηχητικό απόσπασμα μικρότερης συνολικής διάρκειας, καθώς η ικανότητά τους να επεξεργάζονται και να αναλύουν σύνθετες ρυθμικές δομές είναι πιθανό να είναι πιο ανεπτυγμένη. Αντιθέτως, για ακροατές χωρίς μουσική παιδεία, θα ήταν προτιμότερο να χρησιμοποιηθούν μοτίβα μεγαλύτερης διάρκειας (π.χ. 16 μέτρων αντί 8), ώστε να διαθέτουν περισσότερο χρόνο να αναγνωρίσουν τον παλμό, να αντιληφθούν σταδιακά την πολυπλοκότητα των συγκοπών και να διευκολυνθεί έτσι η ένταξή τους στο groove.

(δ) Σειρά παρουσίασης ρυθμικών μοτίβων

Σε μελλοντικά πειράματα, η τυχαία σειρά παρουσίασης των ρυθμικών μοτίβων θα μπορούσε να περιορίσει την επίδραση της προβλεψιμότητας και της σειράς εμφάνισης των ερεθισμάτων στην κινητική συμπεριφορά των συμμετεχόντων. Με αυτόν τον τρόπο, θα καθίστατο δυνατή η πιο καθαρή διερεύνηση της σχέσης μεταξύ συγκοπής και κινητικής δραστηριότητας, ανεξάρτητα από φαινόμενα ρυθμικής προσμονής ή προσαρμογής.

(ε) Ενσωμάτωση μελωδικής γραμμής

Μια ακόμη μελλοντική προέκταση αφορά στην ενσωμάτωση μελωδικής γραμμής στα ρυθμικά μοτίβα συγκοπής. Η μελωδία μέσω τονισμών, παύσεων, επαναλήψεων και μοτίβων διάρκειας, μπορεί να ενισχύσει ή να αποδυναμώσει την

αντιληπτή συγκοπή, ανακατανέμοντας την προσοχή του ακροατή μεταξύ ρυθμικού υποβάθρου και μελωδικού επιπέδου. Ενσωματώνοντας, λοιπόν, μελωδικές γραμμές με διαφορετικά προφίλ ρυθμικής πολυπλοκότητας πάνω στα ίδια ρυθμικά μοτίβα συγκοπών θα ήταν δυνατή η εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με το κατά πόσο και με ποιον τρόπο η κίνηση των ακροατών επηρεάζεται από τη ρυθμική «συμμετοχή» της μελωδίας. Πιο συγκεκριμένα, θα ήταν δυνατόν να διερευνηθεί εάν μελωδίες με έντονες ρυθμικές αποκλίσεις και συχνές μετατοπίσεις τονισμού ενισχύουν την κινητική ανταπόκριση σε σχέση με μια πιο ισομετρική και προβλέψιμη μελωδική ροή. Επιπλέον, θα μπορούσε να εξεταστεί σε ποια συγκεκριμένα μοτίβα (π.χ. χαμηλής, μεσαίας ή υψηλής συγκοπής) η ρυθμική δομή της μελωδίας διευκολύνει την αντίληψη του παλμού ή όχι, προσφέροντας έτσι ένα πιο ολοκληρωμένο πλαίσιο κατανόησης της σχέσης ανάμεσα στη ρυθμική πολυπλοκότητα και τη σωματική έκφραση.

(στ) Μέθοδος διαχωρισμού σε μουσικούς και μη μουσικούς

Στην παρούσα έρευνα, ο διαχωρισμός των συμμετεχόντων σε μουσικούς και μη μουσικούς βασίστηκε σε έναν σχετικά απλοποιημένο ορισμό, ο οποίος παρ'ότι χρηστικός για τους σκοπούς της μελέτης, δεν αποτυπώνει επαρκώς τη διαβάθμιση των μουσικών δεξιοτήτων και των ατομικών διαφορών που ενδέχεται να επηρεάζουν την αισθητικοκινητική απόκριση. Μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να ενσωματώσουν πιο σύνθετους και αξιόπιστους δείκτες, όπως τυποποιημένες κλίμακες μουσικής ικανότητας, μετρήσεις ρυθμικής αντίληψης, εργαλεία αξιολόγησης συγχρονισμού ή λεπτομερή ιστορικά ενασχόλησης με μουσική και χορό (π.χ. the Musical Sophistication Index (Gold-MSI) - Daniel Müllensiefen et al. 2014). Η χρήση τέτοιων πολυδιάστατων μετρήσεων θα επέτρεπε τον σχηματισμό ενός διαχωρισμού, ο οποίος θα διευκόλυνε την ανίχνευση πιο λεπτών διαφορών στην κινητική συμπεριφορά. Επιπλέον, η διερεύνηση δεξιοτήτων όπως ο ρυθμικός συγχρονισμός, η ικανότητα πρόβλεψης ρυθμικών δομών ή η κινητική ευαισθησία θα μπορούσε να φωτίσει βαθύτερα τον τρόπο με τον οποίο η μουσική κατάρτιση ή η χορευτική εμπειρία επηρεάζουν το εύρος και την ποιότητα του QoM. Μια τέτοια προσέγγιση αναμένεται να ενισχύσει τη δυνατότητα γενίκευσης των ευρημάτων και να προσφέρει πληρέστερη κατανόηση των ατομικών διαφορών που διαμορφώνουν την εμπειρία του groove. Επιπλέον, η εξέταση διαφορετικών μουσικών ειδών ή ρυθμικών πολυπλοκοτήτων θα μπορούσε να συμβάλει στην κατανόηση του πώς ο πολιτισμικός και αισθητικός παράγοντας διαμορφώνει την εμπειρία του groove.

(ζ) Εισαγωγή πολυρυθμίας και microtiming

Τέλος, θα προτείναμε την ενσωμάτωση πολυρυθμίας και microtiming σε μελλοντικά πειράματα. Τέτοιου είδους μελέτες θα ήταν σκόπιμο να απευθύνονται σε καλά εκπαιδευμένους ακροατές, ενώ οι μουσικοί που θα σχεδίαζαν και θα εκτελούσαν τα αντίστοιχα ρυθμικά μοτίβα θα πρέπει να διαθέτουν υψηλό επίπεδο επαγγελματικής κατάρτισης. Αυτό κρίνεται απαραίτητο λόγω της αυξημένης πολυπλοκότητας της πολυρυθμίας και των λεπτών αποκλίσεων του microtiming από το μετρικό πλέγμα. Ο συνδυασμός αυτών των δύο παραμέτρων θα μπορούσε να καταστήσει το ηχητικό ερέθισμα ακόμη πιο πλούσιο και ερευνητικά ενδιαφέρον, καθώς θα επέτρεπε τη διερεύνηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ δομικής ρυθμικής πολυπλοκότητας και λεπτών χρονικών αποκλίσεων σε συνθήκες που προσεγγίζουν περισσότερο την πραγματική μουσική πράξη.

Βιβλιογραφία

Alex, D. S., & Wahi, A. (2014). BSFD: Background subtraction frame difference algorithm for object detection and extraction. *Journal of Theoretical & Applied Information Technology, 60*(3).

Bolden, T. (2013). Groove theory: A vamp on the epistemology of funk. *American Studies, 52*(4), 9–34.

Burger, B., Saarikallio, S., Luck, G., Thompson, M. R., & Toiviainen, P. (2013). Synchronization to musical beat and perceived groove. *Journal of New Music Research, 42*(1), 43–55.

Câmara, G. S., & Danielsen, A. (2015). Groove. In A. Rehding & S. Rings (Eds.), *The Oxford handbook of critical concepts in music theory*. Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780190454746.013.17

Cameron, D. J., Zioga, I., Lindsen, J. P., Pearce, M. T., Wiggins, G. A., Potter, K., & Bhattacharya, J. (2019). Neural entrainment is associated with subjective groove and complexity for performed but not mechanical musical rhythms. *Experimental Brain Research, 237*, 1981–1991.

Camurri, A., Lagerlöf, I., & Volpe, G. (2003). Recognizing emotion from dance movement: Comparison of spectator recognition and automated techniques. *International Journal of Human-Computer Studies, 59*(1–2), 213–225.

Camurri, A., Mazzarino, B., & Volpe, G. (2004). Analysis of expressive gesture: The EyesWeb expressive gesture processing library. In *Gesture-based communication in human-computer interaction* (pp. 460–467). Springer.

deLahunta, S., & Bevilacqua, F. (2021). The dancer in the eye: Towards a multi-layered computational framework of qualities in movement. *Frontiers in Digital Humanities, 4*, Article 9.

Dotov, D., Bosnyak, D., & Trainor, L. J. (2021). Collective music listening: Movement energy is enhanced by groove and visual social cues. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 74*(6), 1037–1053.

Duman, D., Snape, N., Danso, A., Toiviainen, P., & Luck, G. (2024). Groove as a multidimensional participatory experience. *Psychology of Music, 52*(1), 93–116.

Duman, D., Snape, N., Toiviainen, P., & Luck, G. (2022, August). Redefining groove. In *Conference on Interdisciplinary Musicology*.

Duncan, S. L., & Orgs, G. (2024). Move your body! Low-frequency amplitude and syncopation increase groove perception in house music. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal, 42*(2), 95–108.

Fitch, W. T. (2016). Dance, music, meter and groove: A forgotten partnership. *Frontiers in Human Neuroscience, 10*, Article 64.

Hosken, F. (2020). The subjective, human experience of groove: A phenomenological investigation. *Psychology of Music, 48*(2), 182–198. https://doi.org/10.1177/0305735618792440

Kaehler, A., & Bradski, G. (2016). *Learning OpenCV 3: Computer vision in C++ with the OpenCV library* (2nd ed.). O'Reilly Media.

Kawase, S. (2024). Positive moods before listening to music enhance groove. *Psychological Research, 88*, 438–448. https://doi.org/10.1007/s00426-023-01869-x

Levitin, D. J., Grahn, J. A., & London, J. (2018). The psychology of music: Rhythm and movement. *Annual Review of Psychology, 69*(1), 51–75.

Lienhart, R., & Maydt, J. (2002). An extended set of Haar-like features for rapid object detection. In *Proceedings of the International Conference on Image Processing* (Vol. 1, pp. 900–903). https://doi.org/10.1109/ICIP.2002.1038171

Luck, G., & Toiviainen, P. (2006). Ensemble musicians' synchronization with conductors' gestures: An automated feature-extraction analysis. *Music Perception, 24*(2), 189–200.

Madison, G., & Sioros, G. (2014). What musicians do to induce the sensation of groove in simple and complex melodies, and how listeners perceive it. *Frontiers in Psychology, 5*, Article 894. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00894

MathWorks. (2006). *Interactive binarization by thresholding*. MATLAB Central File Exchange. https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/11242-interactive-binarization-by-thresholding

MathWorks. (n.d.). *Data visualization with MATLAB*. https://www.mathworks.com/help/matlab/data_visualization.html

MathWorks. (n.d.). *Image thresholding*. https://www.mathworks.com/discovery/image-thresholding.html

MathWorks. (n.d.). *Smooth data*. https://www.mathworks.com/help/signal/ref/smooth.html

Matthews, T. E., Witek, M. A., Heggli, O. A., Penhune, V. B., & Vuust, P. (2019). The sensation of groove is affected by the interaction of rhythmic and harmonic complexity. *PLOS ONE, 14*(1), e0204539.

Merker, B. H., Madison, G. S., & Eckerdal, P. (2009). On the role and origin of isochrony in human rhythmic entrainment. *Cortex, 45*(1), 4–17.

Müllensiefen, D., Gingras, B., Musil, J., & Stewart, L. (2014). The musicality of non-musicians: An index for assessing musical sophistication in the general population. *PLOS ONE, 9*(2), e89642.

Nijs, L., Grinspun, N., & Fortuna, S. (2024). Developing musical creativity through movement: Navigating the musical affordance landscape. *Creativity Research Journal*, 1–25.

Seeberg, A. B., Matthews, T. E., Højlund, A., Vuust, P., & Petersen, B. (2024). Beyond syncopation: The number of rhythmic layers shapes the pleasurable urge to move to music. SSRN. https://ssrn.com/abstract=4899990

Senn, O., Kilchenmann, L., von Georgi, R., & Bullerjahn, C. (2016). The effect of expert performance microtiming on listeners' experience of groove in swing or funk music. *Frontiers in Psychology, 7*, Article 1487. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01487

Sioros, G., Madison, G., Cocharro, D., Danielsen, A., & Gouyon, F. (2022). Syncopation and groove in polyphonic music: Patterns matter. *Music Perception, 39*(5), 503–531.

Sioros, G., Miron, M., Davies, M., Gouyon, F., & Madison, G. (2014). Syncopation creates the sensation of groove in synthesized music examples. *Frontiers in Psychology, 5*, Article 1036.

Tatar, A., & Gürsoy, H. (2021). Detection and tracking system of moving objects based on MATLAB. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education, 12*(11), 4094–4100.

Volpe, G., Camurri, A., Mazzarino, B., & Ricchetti, M. (2003). Modelling and analysing expressive gesture in multimodal systems. In *Proceedings of the International Gesture Workshop* (pp. 45–60).

Vuust, P., Gebauer, L. K., & Witek, M. A. (2014). Neural underpinnings of music: The polyrhythmic brain. In H. Merchant & V. de Lafuente (Eds.), *Neurobiology of interval timing* (pp. 353–356). Springer.

Vuust, P., & Witek, M. A. (2014). Rhythmic complexity and predictive coding: A novel approach to modeling rhythm and meter perception in music. *Frontiers in Psychology, 5*, Article 1111.

Wikipedia contributors. (n.d.). *Standard deviation*. Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Standard_deviation

Witek, M. (2009). Groove experience: Emotional and physiological responses to groove-based music. In J. Louhivuori et al. (Eds.), *Proceedings of the 7th Triennial Conference of the European Society for the Cognitive Sciences of Music* (pp. 573–582).

Witek, M. (2013). *"...And I feel good!" The relationship between body-movement, pleasure and groove in music*(Doctoral dissertation, Wadham College).

Witek, M. A., Clarke, E. F., Wallentin, M., Kringelbach, M. L., & Vuust, P. (2014). Syncopation, body-movement and pleasure in groove music. *PLOS ONE, 9*(4), e94446. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094446

Zhang, Z., & Li, H. (2022). Motion detection based on frame differencing and improved Gaussian mixture model. *Journal of Visual Communication and Image Representation, 82*, 103451.