
Οι Τεχνολογίες Πληροφορικής στην Ανάλυση των Παραδοσιακών Χορών

Κ. Δημητρόπουλος, Α. Κιτσικίδης, Ν. Γραμμαλίδης

Ινστιτούτο Τεχνολογιών Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών (ΠΙΤΗΛ)

Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ)

Εισαγωγή

Οι παραδοσιακοί χοροί είναι στενά συνδεδεμένοι με τις τοπικές κοινωνίες όσον αφορά την ιστορία, τις παραδόσεις και τον πολιτισμό τους εν γένει. Ως μία μορφή άυλης πολιτισμικής κληρονομιάς, ωστόσο, υπάρχει πάντα ο κίνδυνος να εξαφανιστούν ή να αλλοιωθούν σημαντικά χαρακτηριστικά τους με το χρόνο. Η διατήρηση και η μετάδοσή τους, επομένως, αποτελεί ένα σημαντικό ζήτημα, στο οποίο τα τελευταία χρόνια καλούνται να συμβάλουν και οι τεχνολογίες πληροφορικής. Τομείς της πληροφορικής, όπως η τεχνητή όραση, η μηχανική μάθηση και η τρισδιάστατη απεικόνιση, βρίσκουν ολοένα και μεγαλύτερη εφαρμογή στην καταγραφή, ανάλυση, μοντελοποίηση, μετάδοση και ανάδειξη της άυλης πολιτιστικής κληρονομιάς, και ιδιαίτερα του παραδοσιακού χορού.

Οι τεχνικές που έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα με σκοπό τη διατήρηση και μετάδοση της γνώσης του χορού ξεκινούν από τις μεθόδους σημειογραφίας και φτάνουν μέχρι τα συστήματα καταγραφής κίνησης (Kojima et al., 2002; Smigel, 2006). Οι πρώτες προσπάθειες για τη δημιουργία μίας μεθόδου καταγραφής των κινήσεων του ανθρώπινου σώματος και κατ' επέκταση όλων των εκφάνσεων της τέχνης του χορού οδήγησαν στον ορισμό διαφορετικών μεθόδων σημειογραφίας χορού. Γενικότερα, με τον όρο «σημειογραφία του χορού» εννοούμε τη συμβολική αναπαράσταση της ανθρώπινης κίνησης και μορφής στο χορό, χρησιμοποιώντας μεθόδους όπως γραφικά σύμβολα και σχήματα καταγραφής της τροχιάς, αριθμητικά συστήματα, μουσική σημειογραφία ή ακόμα και λέξεις. Σήμερα είναι διαθέσιμα

πολλά συστήματα σημειογραφίας χορού, όπως οι μέθοδοι: Labanotation, Benesh, DanceWriting (Hunt et al, 2010; Kannan et al, 2009). κ.α. τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τη βοήθεια κατάλληλων λογισμικών.

Τα τελευταία χρόνια, οι εξελίξεις στο χώρο της τεχνολογίας επέτρεψαν μια εναλλακτική προσέγγιση στην καταγραφή της ανθρώπινης κίνησης. Αντί της απλής καταγραφής βίντεο, οι πραγματικές κινήσεις που εκτελεί ο χορευτής μπορούν να καταγραφούν με τη βοήθεια ειδικών αισθητήρων. Τα συστήματα αυτά ταξινομούνται κυρίως σε τρεις κατηγορίες: α) στα οπτικά συστήματα καταγραφής κίνησης, β) στους αδρανειακούς αισθητήρες κίνησης και γ) στα συστήματα καταγραφής κίνησης χωρίς τη χρήση σημαδιών. Συγκεκριμένα, ο τρόπος λειτουργίας των συστημάτων αυτών περιγράφεται αναλυτικότερα παρακάτω:

Οπτικά συστήματα καταγραφής κίνησης: Τα οπτικά συστήματα καταγραφής κίνησης (optical motion capture) είναι μία από τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες στην ανάλυση του χορού, κυρίως λόγω της υψηλής ακρίβειας που προσφέρουν. Τα συστήματα αυτά διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες: i) στα παθητικά και ii) στα ενεργητικά συστήματα. Και στις δύο περιπτώσεις ο χώρος καταγραφής περιστοιχίζεται από έναν αριθμό καμερών, ο οποίος για πλήρη καταγραφή σώματος κυμαίνεται από 8 έως 16. Στην περίπτωση των παθητικών συστημάτων, φωτοдиодοι (LEDs) υπέρυθρης ακτινοβολίας προσαρμόζονται στην κάμερα, ενώ κατάλληλα IR φίλτρα που επιτρέπουν τη διέλευση της υπέρυθρης ακτινοβολίας τοποθετούνται στον φακό της κάμερας. Ταυτόχρονα, αντανακλαστικά σημάδια (markers) που βρίσκονται σε συγκεκριμένα σημεία του σώματος του χορευτή, χρησιμοποιούνται για τη συνεχή παρακολούθηση της κίνησής του σε πραγματικό χρόνο. Αντίθετα, τα οπτικά συστήματα καταγραφής, που βασίζονται σε ενεργητικούς markers τύπου LED, μετρούν την υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπεται από τα LED. Η θέση τους στον τρισδιάστατο χώρο υπολογίζεται στη συνέχεια με τη βοήθεια τεχνικών τριγωνοποίησης. Η τεχνολογία ενεργών LED βοηθάει στην επίλυση σημαντικών προβλημάτων που συναντώνται στα οπτικά συστήματα καταγραφής, όπως είναι ο θόρυβος στα δεδομένα, η πιθανή απώλεια της πληροφορίας, οι εσφαλμένες αντανακλάσεις κλπ. Το μεγάλο μειονέκτημα, ωστόσο, των συστημάτων αυτών παραμένει το υψηλό κόστος.

Αδρανειακοί αισθητήρες κίνησης: Οι αδρανειακοί αισθητήρες κίνησης προσαρμόζονται στο σώμα του χορευτή με τη βοήθεια κατάλληλων κουστουμιών. Η

τεχνολογία αυτή βασίζεται στη χρήση επιταχυνσιόμετρων και γυροσκοπίων, ενώ η μετάδοση της πληροφορίας στον υπολογιστή πραγματοποιείται ασύρματα. Η τεχνολογία αυτή είναι λιγότερο ακριβής από αυτήν της προηγούμενης κατηγορίας, παρ' όλα αυτά είναι αρκετά σταθερή, ενώ ταυτόχρονα δεν απαιτείται η χρήση καμερών ή κατάλληλων συνθηκών φωτισμού στη σκηνή.

Συστήματα καταγραφής κίνησης χωρίς τη χρήση σημαδιών: Ιδανικά, η καταγραφή της κίνησης μπορεί να γίνει χωρίς την τοποθέτηση σημαδιών στο σώμα του χορευτή ή τη χρήση αδρανειακών αισθητήρων. Παρά το γεγονός ότι η τεχνολογία αυτή υστερεί σε ακρίβεια σε σχέση με τις τεχνολογίες που είδαμε στις προηγούμενες κατηγορίες συστημάτων, αποτελεί σίγουρα το μέλλον στο χώρο της καταγραφής της ανθρώπινης κίνησης. Για αυτόν το λόγο, τα τελευταία χρόνια υπάρχει σημαντικό ερευνητικό ενδιαφέρον προς την κατεύθυνση αυτή. Ιδιαίτερα οι πρόσφατες εξελίξεις στις τεχνολογίες καμερών βάθους χαμηλού κόστους, όπως για παράδειγμα είναι ο αισθητήρας Microsoft Kinect, επιτρέπουν τη δημιουργία 3D χαρτών βάθους, αλλά και πληροφορίας σχετικά με τη θέση των αρθρώσεων του ανθρώπινου σώματος (skeletal data) σε πραγματικό χρόνο. Ο συνδυασμός τέτοιου είδους πληροφορίας από πολλαπλούς αισθητήρες βάθους επιτρέπει την αποδοτικότερη μοντελοποίηση του ανθρώπινου σκελετού στις τρεις διαστάσεις, την καλύτερη κάλυψη της σκηνής και την αντιμετώπιση προβλημάτων απόκρυψης που οφείλονται είτε στη στάση του σώματος του ίδιου του χορευτή είτε στην ύπαρξη άλλων χορευτών στη σκηνή (Kitsikidis, 2014a). Λόγω των πλεονεκτημάτων αυτών, η συγκεκριμένη τεχνολογία έχει χρησιμοποιηθεί, μεταξύ άλλων, και στα πλαίσια του ερευνητικού έργου FP7 i-Treasures (<http://www.i-treasures.eu/>) που έχει ως στόχο την ανάλυση, μοντελοποίηση, μετάδοση και ανάδειξη της άυλης πολιτιστικής κληρονομιάς. Στη συνέχεια του άρθρου θα παρουσιαστούν συνοπτικά οι βασικοί στόχοι του έργου όσον αφορά την ανάλυση των παραδοσιακών χορών, καθώς επίσης και η προτεινόμενη μεθοδολογία για την καταγραφή, ανάλυση και εκμάθηση παραδοσιακών χορών με τη βοήθεια πολλαπλών αισθητήρων βάθους.

Ανάλυση του παραδοσιακού χορού με τη βοήθεια πολλαπλών αισθητήρων

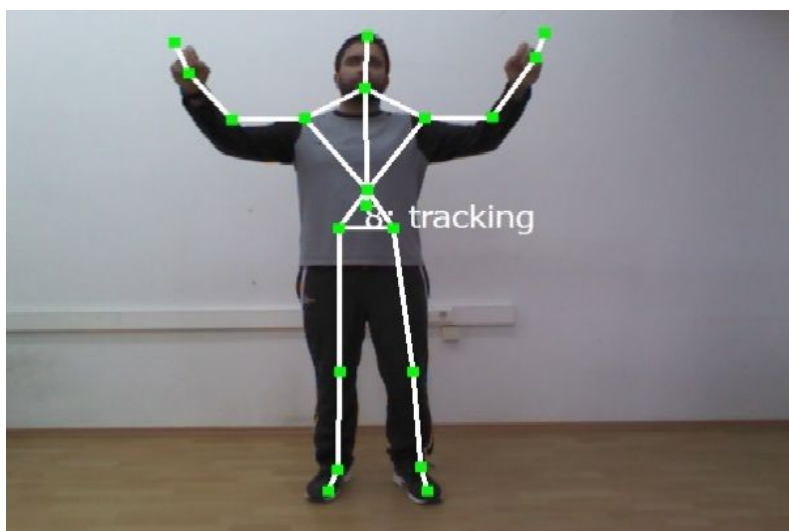
Το ερευνητικό έργο i-Treasures “Intangible Treasures - Capturing the Intangible Cultural Heritage and Learning the Rare Know-how of Living Human Treasures” (Dimitropoulos et al, 2014) είναι ένα ερευνητικό έργο που συγχρηματοδοτείται από

το 7ο Πρόγραμμα Πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και εντάσσεται στη θεματική περιοχή “Τεχνολογίες πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών για την πρόσβαση σε πόρους πολιτιστικής κληρονομιάς”. Στόχος του έργου είναι η καταγραφή, ανάλυση, μοντελοποίηση, μετάδοση και ανάδειξη της άυλης πολιτιστικής κληρονομιάς μέσω της δημιουργίας μίας διαδικτυακής πλατφόρμας με σκοπό τόσο την ανταλλαγή πληροφορίας μεταξύ των ερευνητών όσο και τη μετάδοση της γνώσης με τη βοήθεια τρισδιάστατης τεχνολογίας.

Ανάμεσα στις διαφορετικές μορφές άυλης πολιτιστικής κληρονομιάς με τις οποίες ασχολείται το i-Treasures είναι και ο χορός (παραδοσιακός και μοντέρνος). Ωστόσο, το έργο δεν αποσκοπεί στην απλή ψηφιοποίηση του χορού, αλλά επιχειρεί να προχωρήσει ένα βήμα παραπέρα, δηλαδή, στη δημιουργία νέας πληροφορίας μέσω της χρήσης νέων τεχνολογιών και εξειδικευμένων αισθητήρων που επιτρέπουν τη μοντελοποίηση και ανάλυση της ανθρώπινης κίνησης και έκφρασης. Συγκεκριμένα, ένας από τους παραδοσιακούς χορούς που έχει επιλεγεί να αναλυθεί με τη βοήθεια της προτεινόμενης τεχνολογίας είναι ο Τσάμικος. Στη συνέχεια του άρθρου θα παρουσιαστούν τα βασικά τμήματα της προτεινόμενης μεθοδολογίας. Συγκεκριμένα, αρχικά θα παρουσιαστεί η φάση της καταγραφής, κατά την οποία χρησιμοποιούνται πολλαπλές κάμερες βάθους για τη σύλληψη της κίνησης των χορευτών, ενώ στη συνέχεια θα περιγραφεί η φάση της ανάλυσης κατά την οποία επιχειρείται η μοντελοποίηση και αναγνώριση της ανθρώπινης κίνησης με τη βοήθεια τεχνικών αναγνώρισης προτύπων. Τέλος, θα παρουσιαστεί η φάση της εκμάθησης και αξιολόγησης με τη χρήση τρισδιάστατης τεχνολογίας και τεχνικών ασαφούς λογικής.

Καταγραφή κίνησης

Για την ακριβή καταγραφή της κίνησης του σώματος του χορευτή χρησιμοποιείται μία διάταξη πολλαπλών συγχρονισμένων αισθητήρων βάθους. Η τεχνολογία καμερών βάθους που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα αποτελεί μία ελκυστική λύση, καθώς συνδυάζει το χαμηλό κόστος, την ευκολία εγκατάστασης και την ικανοποιητική ακρίβεια. Κάθε κάμερα παρέχει είκοσι θέσεις αρθρώσεων του ανθρώπινου σώματος, που συνιστούν το σκελετό, μαζί με τις γωνίες περιστροφής της κάθε άρθρωσης. Καταγράφοντας αυτήν την πληροφορία, έχουμε μια αρκετά ακριβή αναπαράσταση της κίνησης του χορευτή κατά τη διάρκεια του χορού.



Εικόνα 1. Ο σκελετός με τις 20 αρθρώσεις όπως έχουν ανιχνευτεί από το σύστημα.

Όπως κάθε νέα τεχνολογία, έτσι και η συγκεκριμένη έχει κάποιους περιορισμούς. Ο αλγόριθμος ανίχνευσης σκελετού του Microsoft Kinect είναι σχεδιασμένος για εφαρμογές παιχνιδιών, δηλαδή, η ανίχνευση του σκελετού είναι ικανοποιητική μόνο στις περιπτώσεις που ο άνθρωπος είναι σε όρθια θέση και προσανατολισμένος προς τον αισθητήρα. Ωστόσο, αυτή η υπόθεση δεν ισχύει πάντοτε στους χορούς. Επίσης το εύρος του οπτικού πεδίου είναι κάτι που περιορίζει το χώρο καταγραφής στον οποίο μπορεί να κινηθεί ο χορευτής. Για να αντιμετωπιστούν τα παραπάνω προβλήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλαπλές κάμερες βάθους, τα δεδομένα των οποίων συνδυάζονται με σκοπό να αυξήσουν την ακρίβεια του συστήματος.

Όπως φαίνεται στην εικόνα 2, για την καταγραφή ενός χορευτή στον Τσάμικο, οι αισθητήρες τοποθετούνται σε διάταξη ημικύκλιου. Για τον επιτυχή συνδυασμό των δεδομένων, οι κάμερες πρέπει να είναι αρχικά βαθμονομημένες (calibrated), δηλαδή να γνωρίζουμε τη θέση και τον προσανατολισμό της κάθε κάμερας σε σχέση με την άλλη. Επιπλέον, κατά την καταγραφή όλοι οι αισθητήρες πρέπει να είναι συγχρονισμένοι, δηλαδή η σύλληψη του σκελετού να γίνεται την ίδια χρονική στιγμή από όλες τις κάμερες. Στο τελικό στάδιο, τα σκελετικά δεδομένα των διαφορετικών αισθητήρων συνδυάζονται με σκοπό να δημιουργηθεί ένας κοινός σκελετός (Εικόνα 3) λαμβάνοντας υπόψη i) το επίπεδο αξιοπιστίας τόσο των δεδομένων του σκελετού συνολικά όσο και της κάθε άρθρωσης ξεχωριστά, ii) τις συντεταγμένες των αρθρώσεων και iii) τις γωνίες περιστροφής τους.

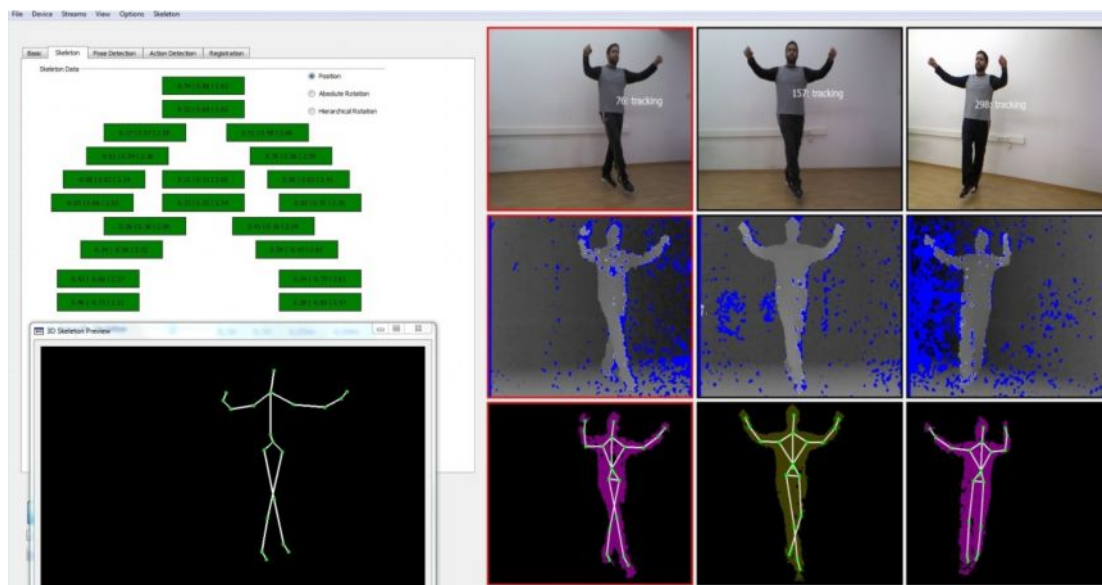


Εικόνα 2. Ανάλυση κίνησης με τη βοήθεια πολλαπλών αισθητήρων Kinect

Ανάλυση και αναγνώριση κίνησης

Η διαδικασία ανάλυσης και αναγνώρισης της κίνησης εμπεριέχει την εξαγωγή χαρακτηριστικών κίνησης από τα δεδομένα σκελετού με απώτερο σκοπό την αναγνώριση μοτίβων κίνησης. Τα μοτίβα κίνησης στην περίπτωση του χορού είναι τα βήματα που εκτελεί ο χορευτής. Στόχος του συστήματος ανάλυσης κίνησης είναι να αναγνωρίσει τα μοτίβα κίνησης (βήματα χορού) στα οποία έχει εκπαιδευτεί. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο καθώς μπορούν να αναγνωρίζονται αυτόματα τυχόν λάθη κατά την εκτέλεση της χορογραφίας.

Για την επίτευξη του στόχου αυτού απαιτείται αρχικά η αναγνώριση της στατικής πόζας (posture) του χορευτή σε κάθε χρονική στιγμή. Συγκεκριμένα, αφού δημιουργηθεί ένα προκατασκευασμένο ‘λεξικό’ από βασικές πόζες, επιλέγεται σε κάθε καρτέ, μια λέξη-πόζα που αντιπροσωπεύει τη στάση του χορευτή τη δεδομένη χρονική στιγμή. Μία τέτοια ακολουθία λέξεων ορίζει ένα μοτίβο κίνησης, δηλαδή μία εναλλαγή από πόζες στο χρόνο. Για την αναγνώριση των μοτίβων αυτών χρησιμοποιούνται στατιστικά μοντέλα όπως τα Κρυμμένα Μαρκοβιανά Μοντέλα (Hidden Markov Models) ή τα Τυχαία Πεδία Υπό Συνθήκη (Hidden-state Conditional Random Fields) (Wang et al, 2006).

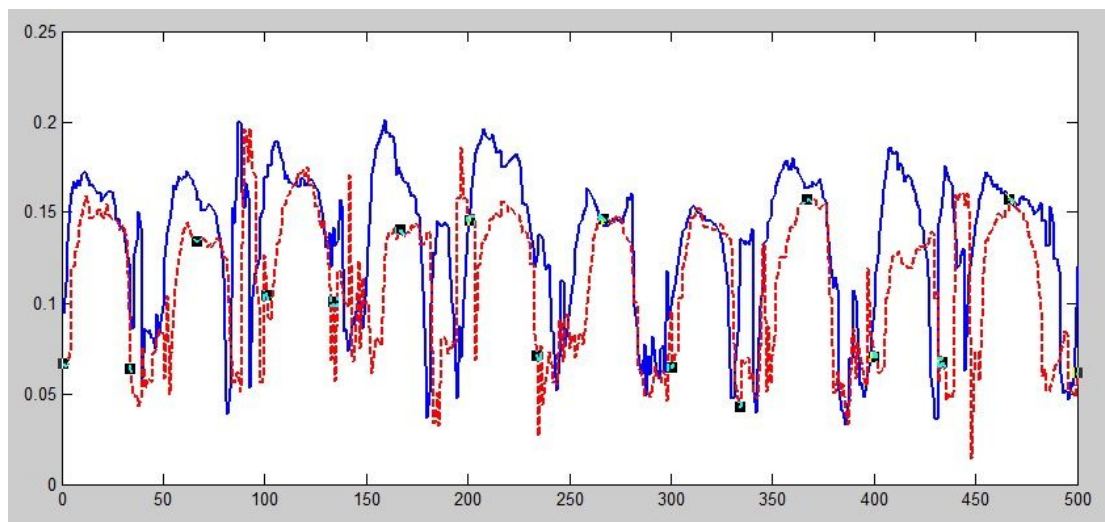


Εικόνα 3. Τα δεδομένα σκελετού από τους τρεις αισθητήρες και ο τελικός σκελετός από συνδυασμό των αρχικών.

Εκμάθηση και αξιολόγηση

Οι νέες δυνατότητες που παρουσιάζουν οι τεχνολογίες τρισδιάστατων γραφικών σε συνδυασμό με τη χρήση τεχνικών αισθητηριο-κινητικής μάθησης επιτρέπουν την ανάπτυξη νέων - καινοτόμων μεθόδων εκμάθησης και αυτόματης αξιολόγησης του μαθητή-χορευτή. Με απλά λόγια, τα δεδομένων κίνησης που λαμβάνονται από τους αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν με σκοπό να αξιολογηθεί ο βαθμός που οι κινήσεις του μαθητή προσεγγίζουν τη ζητούμενη κίνηση (Kitsikidis, 2014b). Πιο συγκεκριμένα, σε ένα απλό σενάριο εφαρμογής, ο μαθητής καλείται να αναπαράγει όσο πιο πιστά γίνεται τις κινήσεις του δασκάλου μπροστά στο σύστημα καταγραφής. Ταυτόχρονα, ο χορευτής μπορεί να παρακολουθήσει σε πραγματικό χρόνο τις κινήσεις του μέσα σε ένα τρισδιάστατο περιβάλλον (στην περίπτωση μας χρησιμοποιήθηκε η μηχανή γραφικών Unity 3D), καθώς επίσης και τη βαθμολογία του σε κάθε χρονική στιγμή (Dagnino et al, 2015). Πιο συγκεκριμένα, η αξιολόγηση του χορευτή βασίζεται στη σύγκριση των κινήσεων του σε σχέση με αυτές ενός ειδικού που έχουν καταγραφεί εκ των προτέρων από το σύστημα. Η διαδικασία αυτή βασίζεται αρχικά στην εξαγωγή διαφόρων χαρακτηριστικών κίνησης, όπως για παράδειγμα αποστάσεις μεταξύ αρθρώσεων, και στη συνέχεια στον υπολογισμό κατάλληλων μετρικών για τον έλεγχο της ομοιότητας των δύο κινήσεων (στην προκειμένη περίπτωση υπολογίζεται ο μέγιστος συντελεστής αυτοσυσχέτισης των

δύο κυματομορφών, όπως φαίνεται στην εικόνα 4). Όσο μεγαλώνουν οι αποστάσεις αυτές, τόσο πιο λανθασμένα εκτελείται η κίνηση από τον μαθητή, κάτι που επηρεάζει αρνητικά την τελική του βαθμολογία. Για το σκοπό αυτό, στην περίπτωση του Τσάμικου έχουν επιλεγεί διάφορα χαρακτηριστικά κίνησης που αφορούν κυρίως κανονικοποιημένες αποστάσεις (η κανονικοποίηση στην περίπτωση αυτή εξασφαλίζει την αμεταβλητότητα σε σχέση με το ύψος του χορευτή) μεταξύ των αρθρώσεων των ποδιών του χορευτή, όπως για παράδειγμα τα γόνατα, οι αστράγαλοι κλπ.



Εικόνα 4. Κυματομορφές που αφορούν στις αποστάσεις μεταξύ των γονάτων του χορευτή κατά τη διάρκεια του χορού. Με μπλε χρώμα η κυματομορφή που αντιστοιχεί στο δάσκαλο, ενώ με κόκκινο αυτή του μαθητή.

Οι επιμέρους μετρικές μαζί με το αποτέλεσμα της αναγνώρισης κίνησης χρησιμοποιούνται ως είσοδοι σε ένα πολυεπίπεδο σύστημα ασαφούς λογικής με σκοπό τον υπολογισμό της τελικής βαθμολογίας. Η χρήση της ασαφούς λογικής επιλέχθηκε, επειδή μπορεί να κωδικοποιήσει με πιο φυσικό τρόπο την ανθρώπινη γνώση και να παρουσιάσει το αποτέλεσμα με έναν τρόπο που είναι πιο κοντά σε αυτό που θα ανέμενε κανείς από έναν άνθρωπο βαθμολογητή, για παράδειγμα σε κλιμακωτή μορφή όπως "καλός", "μέτριος", "κακός" κτλ.

Συμπεράσματα

Οι τεχνολογίες πληροφορικής μπορούν να διαδραματίσουν ένα σημαντικό ρόλο τόσο στη διάσωση όσο και στην ανάλυση των παραδοσιακών χορών. Με βάση τις

δυνατότητες που παρέχουν τα σύγχρονα συστήματα καταγραφής κίνησης και λαμβάνοντας υπόψη την ανάπτυξη που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια στις τεχνολογίες αισθητήρων βάθους χαμηλού κόστους, αναμένεται τα επόμενα χρόνια να υπάρξει σημαντικό ερευνητικό ενδιαφέρον στην ανάπτυξη εναλλακτικών τεχνικών ανάλυσης, μοντελοποίησης, μετάδοσης και ανάδειξης των παραδοσιακών χορών. Στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκε μία μεθοδολογία που βασίζεται στη χρήση πολλαπλών αισθητήρων βάθους για τη σύλληψη της κίνησης των χορευτών με σκοπό τη μοντελοποίηση και αναγνώριση της ανθρώπινης κίνησης μέσω τεχνικών αναγνώρισης προτύπων, αλλά και την εκμάθηση και αξιολόγηση του χορευτή με τη χρήση τρισδιάστατης τεχνολογίας και τεχνικών ασαφούς λογικής. Στο μέλλον, η προτεινόμενη μεθοδολογία αναμένεται να επεκταθεί εστιάζοντας όχι μόνο στη δυνατότητα αναγνώρισης κινήσεως ενός συγκεκριμένου χορού, όπως είναι για παράδειγμα ο Τσάμικος, αλλά και στη δυνατότητα αναγνώρισης διαφορετικών παραλλαγών του ίδιου χορού.

Βιβλιογραφία

- Dagnino F. M., Ott M., Pozzi F., Yilmaz E., Tsalakanidou F., Dimitropoulos K. & Grammalidis N. (2015), Serious games to support learning of rare intangible cultural expressions. *Proceedings of 9th International Technology, Education and Development Conference (INTED2015)*, (pp. 7184-7194), Madrid, Spain.
- Dimitropoulos K., Manitsaris S., Tsalakanidou F., Nikolopoulos S., Denby B., Al Kork S., Crevier-Buchman L., Pillot-Loiseau C., Dupont S., Tilmanne J., Ott M., Alivizatou M., Yilmaz E., Hadjileontiadis L., Charisis V., Deroo O., Manitsaris A., Kompatsiaris I., & Grammalidis N. (2014). Capturing the intangible: An introduction to the i-Treasures pProject, *VISAPP2014*, Lisbon, Portugal.
- Hunt F.E.S., Politis G. & Herbison-Evans D. (2010). *LED & LINTEL: A Windows Mini-Editor and Interpreter for Labanotation*, Basser Department of Computer Science, University of Sidney.
- Kannan R., Andres F. & Ramadoss B. (2009). Tutoring system for dance learning, *IEEE International Advance Computing Conference*, Patiala, India.

- Kitsikidis A., Dimitropoulos K., Douka S. & Grammalidis N. (2014a). Dance analysis using Multiple Kinect Sensors, *VISAPP2014*, Lisbon, Portugal.
- Kitsikidis A., Dimitropoulos K., Yilmaz E., Douka S. & Grammalidis N. (2014b). Multi-sensor technology and fuzzy logic for dancer's motion analysis and performance evaluation within a 3D virtual environment, *HCI International 2014*, Heraklion, Greece.
- Kojima K., Hachimura K. & Nakamura M. (2002). Laban editor: Graphical editor for dance notation, *Proceedings of 11th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication*, Berlin, Germany.
- Smigel, L. (2006), *Documenting Dance a Practical Guide*, Dance Heritage Coalition.
- Wang S., Quattoni A., Morency L.P., Demirdjian D. & Darrell T. (2006). Hidden conditional random fields for gesture recognition, *Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, (V2, pp. 1097–1104), New York: IEEE.