ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2023)

13ο Πανελλήνιο και Διεθνές Συνέδριο «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»

Επαυξημένη Πραγματικότητα στην εκπαιδευτική διαδικασία μέσω παραστατικών δράσεων σε χώρους ιστορικού και πολιτιστικού ενδιαφέροντος

Μιχαήλ Χατζάκης, Αθανάσιος Τσακίρης, Δημοσθένης Ιωαννίδης, Δημήτριος Τζοβάρας

Βιβλιογραφική αναφορά:

Χατζάκης Μ., Τσακίρης Α., Ιωαννίδης Δ., & Τζοβάρας Δ. (2024). Επαυξημένη Πραγματικότητα στην εκπαιδευτική διαδικασία μέσω παραστατικών δράσεων σε χώρους ιστορικού και πολιτιστικού ενδιαφέροντος. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 272–280. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/7285

Επαυξημένη Πραγματικότητα στην εκπαιδευτική διαδικασία μέσω παραστατικών δράσεων σε χώρους ιστορικού και πολιτιστικού ενδιαφέροντος

Μιχαήλ Χατζάκης, Αθανάσιος Τσακίρης, Δημοσθένης Ιωαννίδης, Δημήτριος Τζοβάρας
mchatzak@iti.gr, atsakir@iti.gr, djoannid@iti.gr, Dimitrios.Tzovaras@iti.gr
Ινστιτούτο Πληροφορικής και Τηλεματικής / Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΙΠΤΗΛ/ΕΚΕΤΑ)

Περίληψη

Το συγκεκριμένο άρθρο περιγράφει ένα σύστημα Επαυξημένης Πραγματικότητας – ΕπΠ (Augmented Reality – AR) με την ονομασία TheARtro, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εκπαιδευτικές διαδικασίες μέσω παραστατικών δράσεων σε χώρους ιστορικού και πολιτιστικού ενδιαφέροντος. Το σύστημα χρησιμοποιεί κάμερες βάθους για την ιχνηλάτηση ανθρώπων σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Οι κάμερες βάθους έχουν δικό τους επεξεργαστή και τρέχουν λογισμικά Υπολογιστικής Όρασης, ώστε να βρίσκουν τις θέσεις των ανθρώπων και να τις στέλνουν σε γυαλιά ΕπΠ που φοράνε οι χρήστες. Στις θέσεις αυτές, τα γυαλιά εμφανίζουν υπέρτιτλους πάνω από τα κεφάλια των ανθρώπων που ιχνηλατούνται και τους ακολουθούν. Ταυτόχρονα εμφανίζονται και άλλα επαυξημένα στοιχεία (στατικά αντικείμενα, σχεδιοκινήσεις, φώτα και εφέ). Περιγράφεται επίσης μια εκπαιδευτική παράσταση που έγινε σε έναν πολυχώρο πολιτισμού στη Θεσσαλονίκη σχετικά με το ιστορικό πρόσωπο της Φροσύνης. Σύμφωνα με ερωτηματολόγια που συμπληρώθηκαν από τους χρήστες, τα αποτελέσματα κρίθηκαν αρκετά θετικά σχετικά με το σύστημα, δηλώνοντας ότι θα παρακολουθούσαν ξανά μια τέτοια παράσταση.

Λέξεις κλειδιά: Επαυξημένη Πραγματικότητα, Παραστατικές Δράσεις, Υπολογιστική Όραση, Εικονικά Περιβάλλοντα Μάθησης, TheARtro.

Εισαγωγή

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (ΕπΠ) τα τελευταία χρόνια εμφανίζεται σε πολλά πεδία στη βιομηχανία με τη χρήση των νέων γυαλιών ΕπΠ, με σκοπό την προσφορά υπηρεσιών στους πελάτες, αλλά και στους κατασκευαστές. Ένα από αυτά τα πεδία είναι η εκπαίδευση, όπου έχουν υπάρξει αρκετές περιπτώσεις χρήσης της ΕπΠ στη βιβλιογραφία (Bower et al., 2014). Τεχνολογίες ΕπΠ έχουν χρησιμοποιηθεί για την εκμάθηση Φυσικής (Hsaio et al., 2011; Squire & Klopfer, 2007; Klopfer & Sheldon, 2010; Thornton et al., 2012), Χημείας (Chen, 2006), βιοϊατρικής (Rasimah et al., 2011) και Βιολογίας (Tarng & Ou, 2012). Επίσης, υπάρχουν πολλά παραδείγματα εφαρμογών ΕπΠ στην εκμάθηση μαθηματικών (Dunleavy et al., 2009; Mitchell, 2011) και ιατρικών επιστημών (Rosenbaum et al., 2007). Εκτός από τις θετικές επιστήμες, υπάρχουν παραδείγματα χρήσης ΕπΠ και σε ανθρωπιστικές επιστήμες (Billinghurst et al., 2001; Lin, 2012).

Ένα πεδίο όμως στο οποίο δεν έχουν γίνει ακόμα σημαντικά βήματα και δεν έχει εισχωρήσει η ΕπΠ, είναι το θέατρο και γενικότερα οι παραστατικές δράσεις. Η Ελλάδα είναι μια χώρα με μεγάλη παράδοση στο θέατρο από τα αρχαία χρόνια. Στο παρόν άρθρο θα παρουσιάσουμε ένα σύστημα που λέγεται TheARtro και έρχεται να αντιμετωπίσει τα εξής δύο θέματα. Αρχικά, οι άνθρωποι με ακουστικά προβλήματα, δε μπορούν να παρακολουθήσουν θεατρικές παραστάσεις, ούτε γενικότερες παραστατικές δράσεις. Επίσης, η ελληνική γλώσσα απευθύνεται σε ένα μικρό πληθυσμό παγκοσμίως, με αποτέλεσμα τα ελληνικά θεατρικά έργα και οι ελληνικές παραστατικές δράσεις να μην αποτελούν εξαγώγιμο προϊόν και οι τουρίστες

Ι. Καζανίδης, Α. Τσινάκος (Επιμ.), Πρακτικά Εργασιών 13ου Πανελλήνιου και Διεθνούς Συνεδρίου «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση», Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδας, Καβάλα, 29 Σεπτεμβρίου – 1 Οκτωβρίου 2023. ISSN: 2529-0916, ISBN: 978-618-83186-8-7

που επισκέπτονται τη χώρα μας να μην μπορούν να τις παρακολουθήσουν. Δεν έχουν υπάρξει στην Ελλάδα σχετικές έρευνες για την παρακολούθηση ΕπΠ παραστατικών δράσεων από άτομα με ακουστικά προβλήματα ή που δε γνωρίζουν ελληνικά, έτσι αυτό που επιχειρούμε είναι κάτι το καινοτόμο. Το σύστημά μας επιχειρεί να λύσει αυτά τα προβλήματα προβάλλοντας, μέσω γυαλιών ΕπΠ (τα HoloLens πρώτης γενιάς της Microsoft) που φοράνε οι θεατές, υπέρτιτλους πάνω από τα κεφάλια των ηθοποιών. Οι υπέρτιτλοι ακολουθούν τους ηθοποιούς κατά τη διάρκεια της παράστασης. Εκτός των υπερτίτλων, το σύστημα μπορεί να εμφανίζει στα γυαλιά και άλλα επαυξημένα στοιχεία, όπως σχεδιοκινήσεις, στατικά στοιχεία και εφέ. Οι παραστατικές δράσεις συνήθως έχουν εκπαιδευτικό περιεχόμενο (αν και δεν περιορίζεται σε αυτό, καθώς δεν υπάρχουν δημιουργικοί περιορισμοί σχετικά με το είδος της παράστασης) και σε αυτό το άρθρο θα παρουσιάσουμε μία τέτοια που κάναμε, σχετικά με το ιστορικό πρόσωπο της Φροσύνης.

Έχουν υπάρξει αρκετά παραδείγματα στη βιβλιογραφία που δείχνουν τη σημαντικότητα και τα οφέλη των παραστατικών δράσεων (π.χ. θέατρο) γενικότερα στην εκπαιδευτική διαδικασία, τη δια βίου μάθηση και την κοινωνική επιμόρφωση σε διάφορες ηλικίες και τύπους εκπαίδευσης. Κάποια από αυτά έχουν να κάνουν με επιμόρφωση για τον σχολικό εκφοβισμό (Venta-Olkkonen et al., 2022) και την αποδοχή της ΛΟΑΤΚΙ κοινότητας σε χώρες όπως η Ινδία (Pufahl et al., 2021), για τη διαχείριση τραυματικών επεισοδίων και εμπειριών σε ενήλικες (Salini & Durand, 2020), για την αντιμετώπιση του ρατσισμού σε σχολές ιατρικής (Manzi et al., 2020), για την ενημέρωση και τον επηρεασμό της κοινής γνώμης σχετικά με τη αντιμικροβιακή αντοχή (Ahmed et al., 2019) και για την ανάπτυξη κοινωνικών δεξιοτήτων σε παιδιά με αυτισμό (Mpella et al, 2019).

Ο στόχος μας ήταν το σύστημα που αναπτύξαμε να είναι λειτουργικό και να επιτρέπει στους θεατές να παρακολουθήσουν άνετα μια θεατρική παράσταση ή μια επιμορφωτική παραστατική δράση με υπέρτιτλους σε διάφορες γλώσσες, οι οποίοι θα ακολουθούν τους ηθοποιούς, ενώ παράλληλα θα εμφανίζονται και επαυξημένα στοιχεία κατά τη διάρκειά της. Ταυτόχρονα, σκοπός ήταν τα επαυξημένα στοιχεία να ενισχύουν την εμπειρία του θεατή και όχι να τον αποπροσανατολίζουν από το έργο.

Θεωρητικό υπόβαθρο

Ως Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality – AR) ορίζουμε την τεχνολογία που συνδυάζει εικονικές πληροφορίες με τον πραγματικό κόσμο, χρησιμοποιώντας πολυμέσα, τρισδιάστατα μοντέλα, ιχνηλάτηση ανθρώπων και αντικειμένων σε πραγματικό χρόνο, ευφυή αλληλεπίδραση, σένσορες και άλλα. Ο στόχος της είναι να εμφανίζει εικονικές πληροφορίες δημιουργημένες από υπολογιστή (όπως κείμενο, εικόνες, τρισδιάστατα μοντέλα, μουσική, βίντεο, κτλ.) σαν συμπλήρωμα στον πραγματικό κόσμο (Chen et al., 2019). Οι όροι της ΕπΠ και της Εικονικής Πραγματικότητας – ΕΠ (Virtual Reality – VR) συχνά συγχέονται. Το κύριο στοιχείο που καθιστά την ΕπΠ μοναδική και σημαντική, είναι η διαφορά της με παρόμοιες τεχνολογίες (π.χ. ΕΠ), στο σημείο ότι ο χρήστης δεν απομονώνεται από το φυσικό περιβάλλον γύρω του και δε βλέπει μόνο έναν κόσμο δημιουργημένο στον υπολογιστή. Πιο συγκεκριμένα, στην ΕπΠ ο χρήστης βλέπει και τον πραγματικό κόσμο και τα δημιουργημένα επαυξημένα στοιχεία από τον υπολογιστή, τοποθετημένα στον ίδιο χώρο, έναν συνδυασμό δηλαδή πραγματικών και εικονικών αντικειμένων (Steffen et al., 2019).

Η συσκευή που επιλέχθηκε να φοράει ο χρήστης για να βλέπει τα επαυξημένα αντικείμενα στο χώρο είναι τα γυαλιά ΕπΠ της Microsoft, τα HoloLens 1ης γενιάς. Πριν πούμε το λόγο της απόφασής μας αυτής, θα γίνει μια σύντομη αναφορά των τύπων των συσκευών ΕπΠ (Peddie, 2017). Υπάρχουν δύο γενικές κατηγορίες συσκευών ΕπΠ, αυτές που φοράει ο χρήστης στο κεφάλι του και αυτές που κρατάει στα χέρια του. Η δεύτερη κατηγορία περιέχει φορητές

(έξυπνα τηλέφωνα, ταμπλέτες, φορητοί υπολογιστές, κτλ.) και στατικές συσκευές (τηλεοράσεις, σταθεροί υπολογιστές, κτλ.). Αυτή η κατηγορία απορρίπτεται, καθώς ο θεατής πρέπει να κάθεται για πολλή ώρα και να βλέπει άνετα μια παράσταση. Επομένως, η πρώτη κατηγορία, αυτή των συσκευών που ο χρήστης φοράει στο κεφάλι του, ενδείκνυται στην περίπτωσή μας. Στην κατηγορία αυτήν βρίσκονται τα κράνη ΕπΠ και τα γυαλιά ΕπΠ. Τα κράνη λόγω βάρους, όγκου και μεγέθους απορρίπτονται για τη χρήση που θέλουμε εμείς, οπότε καταλήξαμε στα γυαλιά ΕπΠ. Υπάρχουν πολλά είδη γυαλιών ΕπΠ, οπότε έπρεπε να γίνει και εκεί μια επιλογή. Στην περίπτωση χρήσης που εξετάζουμε, χρειαζόταν κάτι σχετικά ελαφρύ που θα μπορεί ο χρήστης να φοράει για αρκετό χρόνο χωρίς να κουράζεται ιδιαίτερα, να μην έχει επιπλέον συσκευές που πρέπει να κρατάει ο χρήστης, να διαθέτει δικό του υπολογιστικό σύστημα, αλλά και να υποστηρίζει την χωρική τοποθέτηση των αντικειμένων στον πραγματικό κόσμο. Η συσκευή που υποστήριζε όλα τα παραπάνω με τον καλύτερο δυνατό τρόπο και με την καλύτερη υποστήριξη για ανάπτυξη εφαρμογών ήταν τα HoloLens της Microsoft.

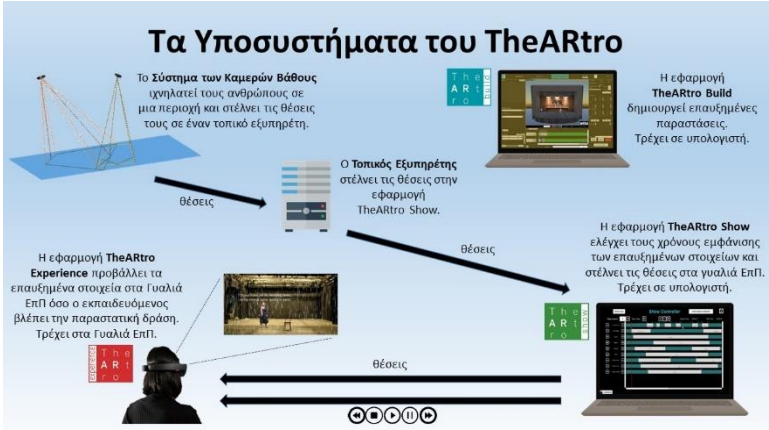
Με τον όρο Υπολογιστική Όραση (Computer Vision) αναφερόμαστε σε ένα πεδίο της Επιστήμης των Υπολογιστών που ασχολείται με το πως οι υπολογιστές μπορούν να βγάλουν συμπεράσματα υψηλού επιπέδου από ψηφιακές εικόνες (είτε είναι φωτογραφίες, είτε στιγμιότυπα από βίντεο), έπειτα από την ψηφιακή τους επεξεργασία (Ballard & Brown, 1982; Huang & Vandoni, 1996). Κάποιοι τομείς του πεδίου αυτού είναι η ανακατασκευή της σκηνής, ο εντοπισμός αντικειμένου και ανθρώπου, η εκτίμηση της τρισδιάστατης πόζας του ανθρώπου, καθώς και η ιχνηλάτησή του, μεταξύ άλλων. Στο TheARtro, χρησιμοποιούμε κάμερες βάθους προκειμένου να εντοπίσουμε και να ιχνηλατήσουμε τους ανθρώπους σε μια σκηνή. Στην περίπτωση μιας εκπαιδευτικής δράσης, εντοπίζουμε και καταγράφουμε την πορεία κάποιων ανθρώπων στα όρια μιας συγκεκριμένης περιοχής. Παίρνουμε τις θέσεις τους και τις στέλνουμε στα γυαλιά ΕπΠ που φοράει ο εκπαιδευόμενος, ώστε οι υπέρτιτλοι να εμφανίζονται πάνω από τα κεφάλια των ανθρώπων και να συνεχίζουν να τους ακολουθούν, καθώς αυτοί κινούνται. Ταυτόχρονα εμφανίζουμε και επαυξημένα εικονικά στοιχεία (σχεδιοκινήσεις, στατικά αντικείμενα και εφέ) που βοηθούν αυτήν την ψηφιακή αφήγηση.

Έχουν υπάρξει έργα όπου έχουν χρησιμοποιηθεί τεχνικές ΕπΠ με χρήση υποτίτλων στο θέατρο και σε παραστατικές δράσεις, αλλά ποτέ ξανά οι υπότιτλοι (στην περίπτωσή μας χρησιμοποιούμε τον όρο «υπέρτιτλοι») δεν ακολουθούσαν τους ηθοποιούς στη σκηνή. Η διδάκτωρ Elizabeth Hunter χρησιμοποίησε τα HoloLens ώστε να δημιουργήσει μια τρισδιάστατη παράσταση χωρίς πραγματικούς ηθοποιούς (με σχεδιοκινήσεις και εφέ) για το χρήστη, ώστε να την βλέπει στο σπίτι του (Moore, 2023). Το ARShow είναι ένα προϊόν που επιτρέπει και αυτό στο χρήστη να παρακολουθεί επαυξημένες παραστάσεις με τη χρήση γυαλιών ΕπΠ (Mileva, 2021). Το Εθνικό Θέατρο του Η.Β. στο Λονδίνο, χρησιμοποίησε τα γυαλιά ΕπΠ Moverio της Epson για να επιτρέψει σε ανθρώπους με προβλήματα ακοής να βλέπουν θεατρικές παραστάσεις με ακίνητους υπότιτλους στο κέντρο της οπτικής τους μέσα από αυτά (Epson Press, 2019). Μια παρόμοια ερευνητική δουλειά έγινε και στην Σιγκαπούρη το 2019, χρησιμοποιώντας επίσης τα γυαλιά ΕπΠ Moverio της Epson (Ong et al., 2021). Η καινοτομία μας είναι ότι οι υπέρτιτλοι είναι πραγματικά επαυξημένα στοιχεία τοποθετημένα στο χώρο (και όχι προβολή μπροστά στα μάτια του θεατή) και ότι ακολουθούν τον ηθοποιό, καθώς αυτός κινείται στα πλαίσια μιας σκηνής.

Η Αρχιτεκτονική του συστήματος

Το σύστημα αποτελείται από τέσσερα υποσυστήματα. Ένα σύστημα καμερών βάθους που ιχνηλατεί τους ανθρώπους σε μια περιοχή. Μία εφαρμογή για υπολογιστή που λέγεται TheARtro Build και δημιουργεί επαυξημένες παραστάσεις. Μία εφαρμογή για υπολογιστή

που λέγεται TheARtro Show, το οποίο χρησιμοποιεί ο ελεγκτής της παραστατικής δράσης, ώστε να ελέγχει το χρόνο που εμφανίζονται και εξαφανίζονται τα επαυξημένα στοιχεία. Και μία εφαρμογή που τρέχει στα γυαλιά ΕπΠ που φοράει ο εκπαιδευόμενος και εμφανίζει τα επαυξημένα εκπαιδευτικά στοιχεία πάνω στον πραγματικό κόσμο, τον οποίον ο χρήστης βλέπει μέσω των γυαλιών. Όλα αυτά τα υποσυστήματα επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ενός τοπικού δικτύου, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.



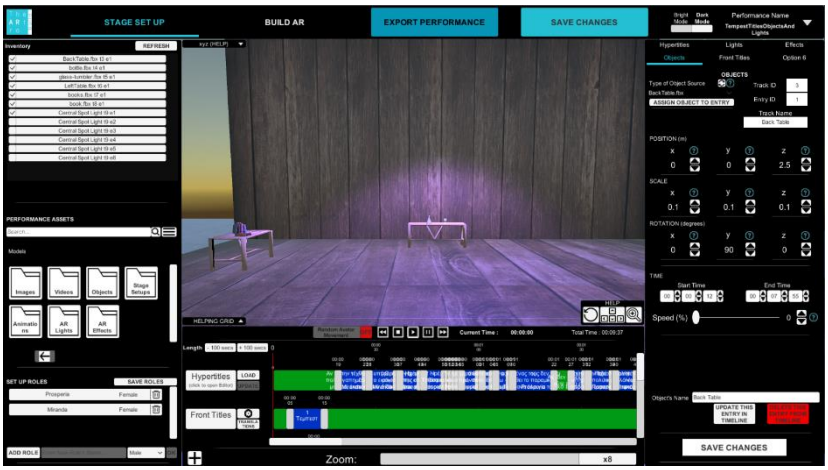
Σχήμα 1. Τα υποσυστήματα του TheARtro

Σύστημα Καμερών Βάθους

Οι κάμερες βάθους που χρησιμοποιήσαμε ήταν οι Orbbec Persee. Η επιλογή τους έγινε λόγω του ενσωματωμένου υπολογιστή που διαθέτουν, πράγμα που σημαίνει ότι δεν χρειαζόμασταν περεταίρω υπολογιστές για να τρέξουν τα λογισμικά υπολογιστικής όρασης που αναπτύχθηκαν. Πριν ξεκινήσουν τα λογισμικά να δουλεύουν, πρέπει να γίνει μια βαθμονόμηση των καμερών με τη χρήση ενός προτύπου, έτσι ώστε να μετατρέψουμε τις συντεταγμένες των θέσεων στον πραγματικό κόσμο. Με την έναρξη του συστήματος, κάθε κάμερα τραβάει εικόνες βάθους ανά συγκεκριμένη χρονική περίοδο και τις επεξεργάζεται. Μία εκ των καμερών λειτουργεί ως ένας εσωτερικός εξυπηρέτης και συλλέγει όλες αυτές τις εικόνες αποθηκεύοντας και τις χρονικές στιγμές που τραβήχτηκαν. Μετά από διάφορες επεξεργασίες εικόνας, βγάζει τις πραγματικές θέσεις των ανθρώπων. Αυτές οι τιμές στέλνονται έπειτα σε έναν τοπικό εξυπηρέτη, ο οποίος μετά από κάποιες ακόμα επεξεργασίες, αποστέλλει τις θέσεις αυτές στην εφαρμογή του TheARtro Show, η οποία αμέσως τις στέλνει σε όλα τα γυαλιά ΕπΠ.

Η εφαρμογή TheARtro Build

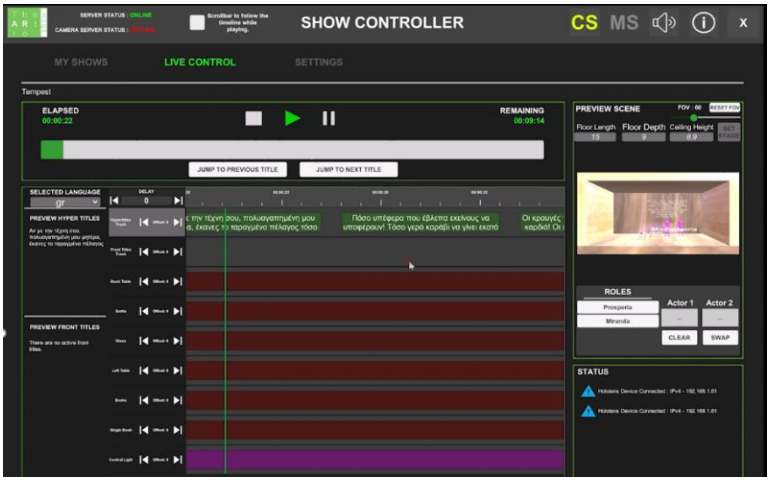
Το TheARtro Build είναι μια εφαρμογή για υπολογιστή, δημιουργημένη στην πλατφόρμα Unity3D, που δίνει τη δυνατότητα στον εκπαιδευτικό να δημιουργήσει μία παραστατική δράση. Μπορεί να ανεβάσει εκπαιδευτικές σχεδιοκινήσεις και στατικά αντικείμενα, να δημιουργήσει εφέ, καθώς και υπέρτιτλους. Όλα αυτά τα επαυξημένα στοιχεία τοποθετούνται σε μία χρονογραμμή με κομμάτια (tracks) και εγγραφές (entries), η οποία θα ακολουθεί τους χρόνους της παραστατικής δράσης και στο τέλος δημιουργούνται δύο αρχεία (ένα XML και ένα Asset Bundle), τα οποία μπαίνουν σαν είσοδος στις εφαρμογές TheARtro Show και TheARtro Experience. Το γραφικό περιβάλλον της εφαρμογής φαίνεται στο Σχήμα 2.



Σχήμα 2. Η εφαρμογή TheARtro Build

Η εφαρμογή TheARtro Show

Το TheARtro Show είναι μια εφαρμογή για υπολογιστή, δημιουργημένη και αυτή στην πλατφόρμα Unity3D. Εισάγοντας τα δύο αρχεία που δημιούργησε το TheARtro Build, η εφαρμογή αυτή εμφανίζει όλα τα επαυξημένα στοιχεία σε μια χρονογραμμή με κομμάτια (tracks) και εγγραφές (entries) με τους χρόνους εμφάνισής τους. Ο χειριστής της εφαρμογής που είναι ο ελεγκτής της παραστατικής δράσης μπορεί με διάφορα κουμπιά ελέγχου (play, pause, stop, delay, κτλ.) να συγχρονίζει τους υπέρτιτλους με τα λόγια που ακούγονται κατά τη διάρκεια της παραστατικής δράσης, ώστε να εμφανίζονται την κατάλληλη στιγμή. Κάθε φορά που πατιέται ένα κουμπί, μια αντίστοιχη εντολή στέλνεται στην εφαρμογή TheARtro Experience που τρέχει στα γυαλιά ΕπΠ και εμφανίζει τα εκάστοτε επαυξημένα στοιχεία. Έτσι μπορεί να διαλέξει για παράδειγμα να καθυστερήσει ή να τρέξει το κομμάτι με τους υπέρτιτλους. Η εφαρμογή φαίνεται στο Σχήμα 3. Να τονιστεί ότι η παρουσία τεχνικού για τον έλεγχο των επαυξημένων στοιχείων είναι απαραίτητη σε κάθε παραστατική δράση.



Σχήμα 3. Η εφαρμογή TheARtro Show

Η εφαρμογή TheARtro Experience

Η εφαρμογή TheARtro Experience έχει φτιαχτεί, όπως και οι προηγούμενες δύο, στην πλατφόρμα του Unity3D, ώστε να τρέχει στα Microsoft HoloLens. Φορτώντας τα δύο αρχεία που δημιουργήθηκαν από την εφαρμογή TheARtro Build, δημιουργεί μια υποτιθέμενη χρονογραμμή με όλες τις εγγραφές, τα επαυξημένα δηλαδή στοιχεία. Όλα τα γυαλιά ΕπΠ συνδέονται με την εφαρμογή TheARtro Show και μόλις ο ελεγκτής πατήσει το κουμπί play, η εντολή στέλνεται στα γυαλιά και αυτά αρχίζουν να μετράνε χρόνο και στα κατάλληλα σημεία να εμφανίζουν τα επαυξημένα στοιχεία. Με παρόμοιο τρόπο αντιδρούν για όλες τις άλλες εντολές που λαμβάνουν (π.χ. pause, delay, κτλ.). Ταυτόχρονα, όπως δείχνει και το Σχήμα 1, η εφαρμογή δέχεται από την εφαρμογή του TheARtro Show και τις θέσεις των ανθρώπων στην σκηνή, ώστε να ξέρει σε ποιο σημείο στο χώρο να εμφανίζει τον εκάστοτε υπέρτιτλο. Στο Σχήμα 4, βλέπουμε ένα στιγμιότυπο από τα γυαλιά ΕπΠ. Ο θεατής βλέπει το φυσικό περιβάλλον μέσα από τα γυαλιά, π.χ. τα σκηνικά και την ηθοποιό που παίζει τη Φροσύνη, ενώ ταυτόχρονα βλέπει και τα επαυξημένα στοιχεία, όπως μια εικόνα του Πασά και τον υπέρτιτλο πάνω από την ηθοποιό να την ακολουθεί και που λέει τα λόγια που απαγγέλει αυτή.

Σχήμα 4. Η εφαρμογή TheARtro Experience

Μέθοδος: η εκπαιδευτική παραστατική δράση

Κάναμε διάφορες παραστάσεις για να τεστάρουμε το σύστημα που προτείνουμε. Η δοκιμή που θα περιγράψουμε εδώ είναι μία πιλοτική μελέτη για τον έλεγχο και τη βελτίωση του συστήματος σε μία από τις παραστάσεις που κάναμε σε πραγματικές συνθήκες με κοινό. Επρόκειτο για μια δεκάλεπτη παραστατική δράση με εκπαιδευτικό σκοπό που έγινε στον ιστορικό πολυχώρο πολιτισμού Ισλαχανέ στη Θεσσαλονίκη. Το δείγμα ήταν 16 άτομα διαφόρων ηλικιών που ενδιαφέρθηκαν για το θέμα του έργου και την ΕπΠ και που δηλώσανε συμμετοχή απατώντας σε ανάρτηση που δημοσιοποιήσαμε σε ένα ηλεκτρονικό μέσο κοινωνικής δικτύωσης. Στο τέλος της παράστασης, το κοινό συμπλήρωσε ένα ερωτηματολόγιο (βασισμένο σε προηγούμενη δοκιμή που έγινε πριν κάποιους μήνες στην Αθήνα) και πάνω σε αυτό έγινε μια περιγραφική στατιστική ανάλυση. Οι ερωτήσεις είχαν να κάνουν με το βαθμό ικανοποίησης για τα επαυξημένα στοιχεία (υπέρτιτλοι, σχεδιοκινήσεις, εφέ, κτλ.), ευκολίας προσαρμογής στην ΕπΠ και σύγχυσης, με το κατά πόσο ένιωσαν ενόχληση ή δυσφορία φορώντας τα γυαλιά, με το βαθμό ικανοποίησης από την ενημέρωση για τη χρήση των

γυαλιών και τη λειτουργία του συστήματος, καθώς και κατά πόσο θα επιθυμούσαν να παρακολουθήσουν ξανά μια παράσταση με τη χρήση του συστήματος TheARtro. Στη συγκεκριμένη δοκιμή υπήρχε ο περιορισμός στην έρευνά μας όσον αφορά το μέγεθος του δείγματος (16 άτομα) και επίσης και σχετικά με την επιλογή όλων σχεδόν των θεατών να δουν τους υπέρτιτλους στα ελληνικά (δεν υπήρξε κάποιος που να ζητήσει π.χ. αγγλικά).

Η παράσταση ήταν ένας μονόλογος για το ιστορικό πρόσωπο της Φροσύνης, μπροστά σε πραγματικό κοινό. Χρησιμοποιήσαμε δύο κάμερες βάθους (Orbbec Persee) που κάλυπταν ένα χώρο 4,8μ μήκους επί 2,9μ πλάτους, μέσα στο Ισλαχανέ. Χρησιμοποιήσαμε τέσσερα γυαλιά ΕπΠ (Microsoft HoloLens) σε κάθε παράσταση, και τρέξαμε τέσσερις παραστάσεις. Κατά τη διάρκεια των παραστάσεων, υπήρχαν δύο τεχνικοί, ένας που επόπτευε το γραφικό περιβάλλον των καμερών και ένας που αρχικοποιούσε τα γυαλιά και τα μοίραζε στο κοινό και έπειτα έτρεχε το λογισμικό TheARtro Show ελέγχοντας τη χρονική ροή της παράστασης. Εκτός από τους υπέρτιτλους που εμφανίζονταν πάνω από την ηθοποιό και την ακολουθούσαν κατά τη διάρκεια της παράστασης, εμφανίζαμε σχεδιοκινήσεις, στατικά αντικείμενα και εφέ. Ένα στιγμιότυπο από την παράσταση φαίνεται στο Σχήμα 4, όπου βλέπουμε τον υπέρτιτλο πάνω από την ηθοποιό και μια επαυξημένη εικόνα του Μουχτάρ που εμφανίζεται δεξιά της, τη στιγμή που αυτή μιλάει για τον Πασά των Ιωαννίνων. Οι υπέρτιτλοι στο παράδειγμά μας είναι στα ελληνικά, αλλά το σύστημα μπορεί να υποστηρίξει υπέρτιτλους χωρίς περιορισμούς στον αριθμό των γλωσσών που επιθυμεί να δημιουργήσει ο σκηνοθέτης της παράστασης.

Αποτελέσματα δοκιμών

Μετά την κάθε παράσταση, μοιράζαμε ερωτηματολόγια στο κοινό σχετικά με την εμπειρία χρήστη που βιώσανε, προβλήματα που μπορεί να παρουσιάστηκαν (π.χ. να μην εμφανίζονταν σωστά κάποια επαυξημένα στοιχεία) και για το αν θα ήθελαν να βιώσουν ξανά μια τέτοια εμπειρία επαυξημένης πραγματικότητας σε μια παραστατική δράση. Από τη στατιστική ανάλυση που κάναμε έπειτα, είχαμε πολύ θετικά αποτελέσματα σχετικά με την εμπειρία του χρήστη. Κάποιες εκ των ερωτήσεων ήταν οι ακόλουθες. Η απόδοση των υπερτίτλων έφτασε σε θετικό ποσοστό (αρκετά καλά ή εξαιρετικά) στο 87.21%. Η απόδοση των υπόλοιπων επαυξημένων στοιχείων στο 55.82% με ένα 22.09% να απαντάει «Μέτρια». Τέλος, το ποσοστό των χρηστών που δήλωσαν ότι θα θέλανε (πολύ ή πάρα πολύ) να παρακολουθήσουν ξανά μια τέτοια παραστατική δράση έφτασε στο 81.4%.

Συμπεράσματα

Στη διάρκεια του έργου, επιχειρήσαμε να δώσουμε μια λύση για τους ανθρώπους με προβλήματα ακοής ή που δεν γνωρίζουν τη γλώσσα μιας θεατρικής παράστασης ή παραστατικής δράσης, ώστε να μπορούν να την παρακολουθήσουν. Χρησιμοποιώντας κάμερες βάθους για την ιχνηλάτηση ανθρώπων σε μια σκηνή και γυαλιών ΕπΠ για την οπτικοποίηση επαυξημένων στοιχείων, δίνουμε τη δυνατότητα σε αυτούς τους ανθρώπους να μπορούν να δουν επαυξημένα στοιχεία κατά τη διάρκεια μιας παραστατικής δράσης. Πιο συγκεκριμένα, υπέρτιτλους (σε οποιεσδήποτε γλώσσες επιθυμεί ο σκηνοθέτης) πάνω από τα κεφάλια των ηθοποιών να τους ακολουθούν (πράγμα που δεν έχει ξαναγίνει παγκοσμίως), αλλά και διάφορες σχεδιοκινήσεις, εφέ και αντικείμενα που εμπλουτίζουν την όλη εμπειρία.

Στο σύνολο των δοκιμών από διαφορετικές παραστάσεις που διεξήγαμε, παρατηρήσαμε ότι το σύστημα των καμερών είχε κάποια θέματα στο να κρατάει την ταυτότητα του κάθε ανθρώπου που ιχνηλατεί, όταν υπάρχουν πάνω από ένας στη σκηνή στην περίπτωση που καλύπτει ο ένας τον άλλον ή έρχονται πολύ κοντά, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται κάποιες φορές υπέρτιτλοι πάνω από τα λάθος άτομα. Αυτό λύθηκε με την προσθήκη μιας επιπλέον

λειτουργικότητας στην εφαρμογή TheARtro Show, ώστε ο ελεγκτής της παράστασης να μπορεί να αναθέτει τον εκάστοτε ρόλο στο σωστό άτομο, όταν γίνεται λάθος. Επίσης, οι κάμερες βάθους δουλεύουν σωστά και σταθερά μόνο σε εσωτερικούς χώρους, καθώς στους εξωτερικούς χώρους κατά τη διάρκεια της ημέρας, δε μπορούν να ανιχνεύσουν τους ανθρώπους, και υπάρχει μεγάλη ευαισθησία στο παραμικρό κούνημα από αέρα (οι κάμερες πρέπει να είναι παντελώς ακίνητες).

Μετά από διαρκείς αλλαγές και βελτιώσεις των λογισμικών μας, τα αποτελέσματα των τελικών δοκιμών που διεξήγαμε ήταν αρκετά θετικά βάσει των προσδοκιών μας και της ανατροφοδότησης που λάβαμε από κοινό που βίωσε τις παραστάσεις, όπως φαίνεται και από τα στατιστικά στοιχεία που παρουσιάσαμε. Όπως αναφέρθηκε και στο Θεωρητικό Υπόβαθρο, αν και έχουν υπάρξει έργα στο παρελθόν όπου έχουν χρησιμοποιηθεί γυαλιά ΕπΠ για προβολή υποτίτλων σε παραστατικές δράσεις, είναι η πρώτη φορά που επιχειρείται αυτοί οι υπότιτλοι να εμφανίζονται πάνω από τον ηθοποιό και να τον ακολουθούν καθώς αυτός μετακινείται στη σκηνή, κάνοντας σαφές, σε κάποιο άτομο με ακουστικά προβλήματα για παράδειγμα, ποιος ηθοποιός είναι αυτός που λέει την εκάστοτε ατάκα, αφού αυτή εμφανίζεται πάντα από πάνω του. Είναι η καινοτομία που προσφέρει το σύστημά μας και το κάνει να διαφέρει από άλλα παρόμοια συστήματα που έχουν αναπτυχθεί μέχρι σήμερα και περιγράφηκαν στο Θεωρητικό Υπόβαθρο. Κάποια από τα μελλοντικά βήματα που θα επιχειρήσουμε, είναι η βελτίωση του συστήματος των καμερών, με τη χρήση νέων τεχνολογιών καταγραφής, καθώς και ανάπτυξη λογισμικού για τη δεύτερη γενιά των HoloLens (Microsoft HoloLens 2), τα οποία είναι επεξεργαστικά πιο γρήγορα, με μεγαλύτερο πεδίο όρασης, καθώς και πιο βολικά και ελαφριά στο κεφάλι του χρήστη.

Αναφορές

Ahmed, R., Bashir, A., Brown, J.E.P., Cox, J.A.G., Hilton, A.C., Hilton, C.E., Lambert, P.A., Theodosiou, E., Tritter, J.Q., Watkin, S.J. & Worthington, T. (2019). The drugs don't work: evaluation of educational theatre to gauge and influence public opinion on antimicrobial resistance. *Journal of Hospital Infection*, 104(2), 193-197, Elsevier.

Ballard, B. & Brown, C. (1982). *Computer Vision*. Prentice Hall.

Billinghurst, M., Kato, H., & Poupyrev, I. (2001). The magicbook-moving seamlessly between reality and virtuality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21, 6–8.

Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A. & Grover, D. (2014). Augmented Reality in education – cases, places and potentials, *Educational Media International*, 51:1, 1-15.

Carmigniani, J. & Furht, B. (2011). Augmented Reality: An Overview. *Handbook of Augmented Reality.* Springer, New York, NY, 2011.

Chen, Y.-C. (2006). A study of comparing the use of augmented reality and physical models in chemistry education. *In Proceedings of the 2006 International Conference on Virtual Reality Continuum and its Applications*, Hong Kong, China: ACM.

Chen, Y., Wang, Q., Chen, H., Song, X., Tang, H. & Tian, M. (2019). An overview of augmented reality technology. *Journal of Physics Conference Series*, 1237(2), 022082.

Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18, 7–22.

Epson Press (2019). *National Theatre uses Moverio to provide captioning for hearing impaired*. Retrieved 24 August 2023 from https://press.epson.eu/en_GB/case-studies/national-theatre-uses-moverio-to-provide-captioning-for-hearing-impaired.

Hsiao, K.-F., Chen, N.-S., & Huang, S.-Y. (2011). Learning while exercising for science education in augmented reality among adolescents. *Interactive Learning Environments*, 20, 331–349.

Huang, T. & Vandoni, C. (1996). Computer Vision: Evolution And Promise. *19th CERN School of Computing*. Geneva: CERN, 21-25.

Klopfer, E., & Sheldon, J. (2010). Augmenting your own reality: Student authoring of science-based augmented reality games. *New Directions for Youth Development*, 128, 85–94.

Lin, H. (2012). Interacting with visual poems through AR-based digital artwork. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 11, 123–127.

Manzi, J., Casapulla, S., Kropf, K., Baker, B., Biechler, M., Finch, T., Gerth, A. & Randolph, C. (2020). Responding to Racism in the Clinical Setting: A Novel Use of Forum Theatre in Social Medicine Education. *Journal of Medical Humanities*, 41, 489–500.

Mileva, G. (2023). *Traditional Theater Gets an Augmented Reality Makeover.* Retrieved 24 August 2023 from https://arpost.co/2021/02/24/traditional-theater-augmented-reality/.

Mitchell, R. (2011). Alien Contact! Exploring teacher implementation of an augmented reality curricular unit. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 30, 271–302.

Moore, J. (2023). Theater in augmented reality: Technology bridges audience and stage. *Washington University in St. Louis, Arts & Sciences, 25 April 2022*.

Mpella, M., Evaggelinou, C., Koidou, E. & Tsigilis, N. (2019). The Effects of a Theatrical Play Programme on Social Skills Development for Young Children with Autism Spectrum Disorders, *International Journal of Special Education*, 33(4), 828-845.

Ong, D. X., Chia, K. X., Huang, Y. Y., Teo, J. T. S., Tan, J., Lim, M., Qiu, D., Xia, X. & Guan, F. Y. (2021). Smart Captions: A Novel Solution for Closed Captioning in Theatre Settings with AR Glasses. *2021 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics and Informatics (SOLI)*.

Peddie, J. (2017). *Augmented Reality: Where We Will All Live*, Springer International Publishing AG 2017.

Pufahl, J., Rawat, S., Chaudary, J. & Shiff, N. J. (2021). Even Mists Have Silver Linings: Promoting LGBTQ+ Acceptance and Solidarity through Community-Based Theatre in India, *Public Health*, Volume 194, May 2021, 252-259, Elsevier.

Rasimah, C., Ahmad, A., & Zaman, H. (2011). Evaluation of user acceptance of mixed reality technology. *Australasian Journal of Educational Technology*, 27, 1369–1387.

Rosenbaum, E., Klopfer, E., & Perry, J. (2007). On location learning: Authentic applied science with networked augmented realities. *Journal of Science Education and Technology*, 16, 31–45.

Salini, D., Durand, M. (2020). Overcoming a Lived Experience of Personal Impasse by Creating a Theatrical Drama: An Example of Promoting Resilience in Adult Education. *In: McKay, L., Barton, G., Garvis, S., Sappa, V. (eds) Arts-Based Research, Resilience and Well-being Across the Lifespan.* Palgrave Macmillan, Cham.

Squire, K., & Klopfer, E. (2007). Augmented reality simulations on handheld computers. *Journal of the Learning Sciences*, 16, 371–413.

Steffen, J, Gaskin, J., Meservy, T., Jenkins, J. & Wolman, I. (2019). Framework of Affordances for Virtual Reality and Augmented Reality, *Journal of Management Information Systems*, 36:3, 683-729.

Tarng, W., & Ou, K.-L. (2012). A study of campus butterfly ecology learning system based on augmented reality and mobile learning. *In IEEE Seventh International Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education (WMUTE)*, 2012 (pp. 62–66). Takamatsu: IEEE.

Thornton, T., Ernst, J. V., & Clark, A. C. (2012). Augmented reality as a visual and spatial learning tool in technology education. *Technology and Engineering Teacher*, 71, 18–21.

Venta-Olkkonen, L., Iivari, N., Sharma, S., Juustila-Cevirel, N., Molin-Justila, T., Kinnunen, E., Holappa, J. & Hartikainen, H. (2022). All the World is our Stage: Empowering Children to Tackle Bullying through Theatre of the Oppressed in Critical Design and Making, *NordiCHI '22: Nordic Human-Computer Interaction Conference*, 25, 1–15, October 2022.