ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 14, Αρ. 1 (2025)

14ο Συνέδριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Συνόψεις

Επαυξημένη Πραγματικότητα στην Εκπαίδευση STEM: Αξιολόγηση της ευχρηστίας του AR-SANDBOX

Γεράσιμος Κωνσταντακάτος, Λία Γαλάνη, Τρύφων Σιβένας, Γεώργιος Μαρκογιαννάκης

doi: 10.12681/codiste.7637

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 25/01/2026 18:40:19

Επαυξημένη Πραγματικότητα στην Εκπαίδευση STEM: Αξιολόγηση της ευχρηστίας του AR-SANDBOX

Γεράσιμος Κωνσταντακάτος[1] , Αποστολία Γαλάνη[2] , Τρύφωνας Σιβένας[3] και Γιώργος Μαρκογιαννάκης[4]

[1]Υποψήφιος Διδάκτορας, [2]Καθηγήτρια, [3,4]Ερευνητικός συνεργάτης

[1]Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό,

Ανώτατη Σχολή Παιδαγωγικής και Τεχνολογικής Εκπαίδευσης

[1,2,3,4]Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης,

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

[1]gkonst@primedu.uoa.gr

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μία έρευνα που σκοπό έχει να αξιολογήσει την ευχρηστία του AR-SANDBOX από 15 φοιτητές/τριες του Τμήματος Εκπαιδευτικών Πολιτικών Μηχανικών της Α.Σ.ΠΑΙ.Τ.Ε. Για τον σκοπό αυτό σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε μια διδακτική παρέμβαση με μεθοδολογία STEM διάρκειας τριών ωρών. Ως ερευνητικό εργαλείο αξιολόγησης χρησιμοποιήθηκε η Κλίμακα Ευχρηστίας Συστήματος (SUS-System Usability Scale). Οι φοιτητές/τριες μέσα από δέκα δηλώσεις, αξιολόγησαν θετικά την ευχρηστία του AR-SANDBOX με 84/100 στην κλίμακα SUS.

Λέξεις κλειδιά: STEM, AR-SANDBOX, Επαυξημένη Πραγματικότητα, Κλίμακα Ευχρηστίας Συστήματος

Augmented Reality in STEM Education: Evaluation of the Usability of AR-SANDBOX

Gerasimos Konstantakatos[1], Lia Galani[2], Tryfon Sivenas[3] and George Markogianakis[4]

[1]PhD Student, [2]Professor, [3,4]Research Associate

[1]Laboratory Teaching Staff, Department of Civil Engineering Educators,

Higher School of Pedagogical and Technological Education

[1,2,3,4]School of Education, National and Kapodistrian University of Athens

*[1]*gkonst@primedu.uoa.gr

Abstract

In this study, the usability of AR-SANDBOX was evaluated by 15 students from the Department of Civil Engineering Educators, ASPETE. For this purpose, a three-hour STEM-based teaching intervention was designed and implemented. The System Usability Scale (SUS) served as a research evaluation tool. Students rated the usability of AR-SANDBOX, at 84/100 on the SUS scale.

Keywords: STEM, AR-SANDBOX, Augmented Reality, System Usability Scale

Εισαγωγή

Η εκπαίδευση STEM παρέχει στους/στις εκπαιδευόμενους/ες τη δυνατότητα ενίσχυσης των γνώσεων και των δεξιοτήτων τους, προάγοντας ένα διεπιστημονικό εκπαιδευτικό περιβάλλον που καλλιεργεί την αναλυτική και δημιουργική σκέψη, καθώς και τις βασικές δεξιότητες που

Αναγνωριστικό ψηφιακής εργασίας: https://doi.org/10.12681/codiste.7637

απαιτούνται στον 21ο αιώνα (National Science Teaching Association, χ.χ.). Μελέτες υποστηρίζουν την αξιοποίηση σύγχρονων τεχνολογιών στην εκπαίδευση STEM με σκοπό την ενίσχυση των εκπαιδευτικών διαδικασιών (Conley et al., 2020). Καθώς οι τελευταίες δεκαετίες χαρακτηρίζονται από την ταχεία ανάδυση νέων τεχνολογιών που επιτρέπουν μια βαθύτερη διερεύνηση των ενδεδειγμένων εργαλείων για την υποστήριξη της STEM εκπαίδευσης, τεχνολογίες όπως η Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality - AR), συγκεντρώνουν αυξανόμενο ερευνητικό ενδιαφέρον. Η αύξηση του αριθμού δημοσιεύσεων για τη χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR) σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα τονίζει την προστιθέμενη αξία της σε καινοτόμες παιδαγωγικές εφαρμογές (Garzón & Acevedo, 2019). Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας AR στην εκπαίδευση STEM προσφέρει σημαντικές δυνατότητες για την ενίσχυση των μαθησιακών εμπειριών των εκπαιδευόμενων, μέσω της σύνδεσης θεωρητικών γνώσεων με εφαρμογές σε πραγματικά περιβάλλοντα. Η AR έχει θετική επίδραση στην εκπαίδευση STEM, ανεξάρτητα από την ηλικία ή τον αριθμό των μαθητών (Psycharis et al., 2023).

Το AR-SANDBOX αποτελεί μια κατασκευή που συνδυάζει ένα φυσικό κουτί με πραγματική άμμο και έναν ψηφιακά προβαλλόμενο τοπογραφικό χάρτη στην επιφάνεια της άμμου με τη βοήθεια ενός αισθητήρα και ενός προβολέα. Η ψηφιακή προβολή προσαρμόζεται σε πραγματικό χρόνο, καθώς ο χρήστης τροποποιεί την επιφάνεια της άμμου, επιτρέποντας μια αλληλεπίδραση μεταξύ της φυσικής και της ψηφιακής προβολής του ανάγλυφου. Το AR-SANDBOX, βασίζεται σε λογισμικό ελεύθερης πρόσβασης με αναλυτικές οδηγίες κατασκευής, εγκατάστασης και λειτουργίας.

Μεθοδολογία

Σκοπός της έρευνας είναι η αξιολόγηση της ευχρηστίας του AR-SANDBOX από φοιτητές/τριες. Στο πλαίσιο αυτό, κατασκευάστηκαν δυο AR-SANDBOXES, για την αξιοποίησή τους σε διδακτική παρέμβαση με μεθοδολογία STEM, η οποία ενσωματώνει τεχνολογίες AR και Γεωπληροφορικής (GIS). Το δείγμα της έρευνας αποτελείται από 15 φοιτητές/τριες του Τμήματος Εκπαιδευτικών Πολιτικών Μηχανικών της Α.Σ.ΠΑΙ.Τ.Ε. (βολικό). Το ερευνητικό ερώτημα που διατυπώνεται είναι το ακόλουθο: Πόσο εύχρηστο είναι για τους/τις φοιτητές/τριες το AR-SANDBOX, στο πλαίσιο ενός STEM εκπαιδευτικού σεναρίου. Η έρευνα υλοποιήθηκε κατά το εαρινό εξάμηνο του ακαδημαϊκού έτους 2023/2024, συμμετείχαν συνολικά 15 φοιτητές/τριες του 3ου έτους του Τμήματος Εκπαιδευτικών Πολιτικών Μηχανικών της Α.Σ.ΠΑΙ.Τ.Ε., στο πλαίσιο του εργαστηριακού μαθήματος «Εφαρμοσμένη Γεωπληροφορική». Η διδακτική παρέμβαση STEM υλοποιήθηκε σε ένα εργαστηριακό μάθημα, με χρήση διδακτικού σεναρίου σχεδιασμένου να υποστηρίζει τη διερευνητική μάθηση (Inquiry-based learning) και τη μάθηση μέσω σχεδιασμού (Design-based learning), χρονικής διάρκειας τριών (3) ωρών.

Το πρόβλημα βασίστηκε σε έννοιες των Φυσικών Επιστημών και προσομοιάζει σε ένα πραγματικό πρόβλημα που ενδέχεται να αντιμετωπίσει κάποιος μηχανικός. Περιλάμβανε τη δημιουργία φυσικών μοντέλων εδάφους υπό κλίμακα ή χωρίς και προσομοίωση του φαινομένου της πλημμύρας με χρήση τεχνολογιών επαυξημένης πραγματικότητας (augmented reality) AR. Συγκεκριμένα, η διδακτική παρέμβαση οργανώθηκε, αρχικά, σε δυο πειραματικές δραστηριότητες, βασισμένες στην καθοδηγούμενη διερευνητική μάθηση (Guided Inquiry-based learning) και στη συνέχεια ακολούθησε ένα πρόβλημα ανοικτού τύπου, βασισμένο στη μάθηση μέσω σχεδιασμού (Design-based learning) με το οποίο ανατέθηκε στην ομάδα η ευθύνη της κατασκευής ενός φυσικού μοντέλου, του σχεδιασμού ενός προβλήματος και εφαρμογή της λύσης σε ένα ζήτημα μηχανικής. Οι φοιτητές/τριες χωρισμένοι σε 2 ομάδες εργασίας, εκτέλεσαν τις 3 δραστηριότητες του φύλλου εργασίας που τους δόθηκε, στις δυο συσκευές AR-SANDBOX που έχουν εγκατασταθεί σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο. Η εργασία ήταν ομαδική με τον ερευνητή σε ρόλο εποπτικό, οργανωτικό και βοηθητικό. Αρχικά εκτέλεσαν την Δραστηριότητα 1 που αφορά σε δημιουργία φυσικών μοντέλων στο AR-SANDBOX και διερεύνηση ερωτημάτων σχετικά με το ανάγλυφο και την

τοπογραφία. Στην συνέχεια ολοκλήρωσαν την Δραστηριότητα 2 που αφορά σε δημιουργία φυσικών μοντέλων στο AR-SANDBOX και διερεύνηση ερωτημάτων σχετικά με την ροή του νερού και το φαινόμενο της πλημμύρας και τέλος την Δραστηριότητα 3 που αφορά σε επίλυση ενός ανοιχτού πραγματικού προβλήματος που στην περίπτωσή μας ήταν η αντιπλημμυρική θωράκιση μιας περιοχής με αντιπλημμυρικά έργα προκειμένου να προστατευθεί από μια αιφνίδια πλημμύρα,. Στους/στις φοιτητές/τριες δόθηκε, επίσης, ένας τοπογραφικός χάρτης υπό κλίμακα βάσει του οποίου δημιούργησαν το φυσικό μοντέλο της περιοχής στο AR-SANDBOX για να χωροθετήσουν τον οικισμό. Με βάση το φυσικό μοντέλο, έκαναν υποθέσεις, προσομοιώσεις και μετρήσεις επιλύοντας το πρόβλημα που τους είχε ανατεθεί, σημειώνοντας τις απαντήσεις τους στο φύλλο εργασίας. Ως βοηθητικά υλικά, για την εκτέλεση της τελευταίας δραστηριότητας, (προσομοίωση της πλημμύρας) δόθηκαν, εκτυπωμένα σε 3d-printer, κτίρια, φράγματα, δέντρα και άλλα αντικείμενα. Μετά την ολοκλήρωση του εργαστηριακού μαθήματος οι φοιτητές/τριες συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο της έρευνας. Ως ερευνητικό εργαλείο χρησιμοποιήθηκε η Κλίμακα Ευχρηστίας Συστήματος (System Usability Scale/SUS) του Brooke (1996), η οποία έχει χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα στην ερευνητική βιβλιογραφία (Brooke, 2013), μεταφρασμένη στην ελληνική γλώσσα (Katsanos et al., 2012). Η ευχρηστία του AR-SANDBOX με χρήση της SUS αξιολογείται με τον υπολογισμό ενός συνολικού δείκτη ευχρηστίας, ο οποίος κυμαίνεται από 0 έως 100.

Αποτελέσματα

Πίνακας 1. Αποτελέσματα ερωτημάτων (σε πενταβάθμια κλίμακα Likert) ανά συμμετέχοντα και Μέση τιμή (Μ.Τ) ανά ερώτημα

ΕΡ/ΤΑ	ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΕΣ															Μ.Τ.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Q1	5	4	3	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	4.67
Q2	5	4	4	5	5	5	5	4	5	4	4	4	5	5	4	4.53
Q3	4	4	4	5	5	5	5	3	5	5	3	3	4	4	5	4.27
Q4	4	4	4	5	4	3	5	5	5	3	4	5	3	3	5	4.13
Q5	4	4	4	5	4	5	5	5	4	4	3	4	5	5	5	4.40
Q6	4	4	4	5	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5	4	4.53
Q7	4	4	4	5	4	4	2	5	5	4	3	4	4	4	4	4.00
Q8	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	2	5	4	5	5	4.60
Q9	5	4	4	5	4	4	5	4	5	4	3	3	4	4	4	4.13
Q10	5	5	5	5	3	5	3	4	5	5	3	5	4	3	5	4.33

Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων έγινε αποδελτίωση των ερωτηματολογίων, εισαγωγή και επεξεργασία των δεδομένων στο Excel. Για τον υπολογισμό του συνολικού δείκτη ακολουθήθηκαν οι οδηγίες που αναφέρει ο σχεδιαστής της κλίμακας SUS, Brooke. Το συνολικό αποτέλεσμα που υπολογίστηκε για τον δείκτη ευχρηστίας του AR-SANDBOX είναι 84/100 (μέση τιμή) στην κλίμακα SUS. Όσον αφορά τα ατομικά αποτελέσματα ανά συμμετέχοντα/ουσα, καταγράφηκαν τιμές από 60/100 έως 100/100 στην κλίμακα SUS. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των απαντήσεων στα 10 ερωτήματα ανά συμμετέχοντα/ουσα σχετικά με την ευχρηστία του AR-SANDBOX, καθώς επίσης και η Μέση Τιμή ανά ερώτημα. Τα ερωτήματα της κλίμακας SUS είναι σχεδιασμένα σε πενταβάθμια κλίμακα Likert. Τα ερωτήματα 2/4/6/8/10 είναι αρνητικού τύπου και σύμφωνα με τις οδηγίες του σχεδιαστή της κλίμακας τα αποτελέσματα έχουν αναστραφεί, για την εξασφάλιση της εγκυρότητας. Οι Μέσες Τιμές ανά ερώτημα κυμάνθηκαν από 4.00 έως 4.67. Η χαμηλότερη τιμή 4.00, καταγράφηκε στο ερώτημα Q7 το οποίο ανέφερε: «Φαντάζομαι ότι οι περισσότεροι άνθρωποι θα μάθουν να χρησιμοποιούν αυτό το AR-SANDBOX πολύ γρήγορα». Αντίθετα την

υψηλότερη τιμή 4.67 είχε το ερώτημα Q7 σχετικά με το αν θα ήθελαν να χρησιμοποιούν το AR-SANDBOX συχνά.

Συμπεράσματα

Η ανάλυση των δεδομένων της παρούσας έρευνας καταδεικνύει ότι οι φοιτητές/τριες του δείγματος αξιολογούν το AR-SANDBOX ως ιδιαίτερα εύχρηστο εργαλείο, εκφράζοντας παράλληλα υψηλό επίπεδο αποδοχής και προθυμίας χρήσης του στο πλαίσιο ενός STEM εκπαιδευτικού σεναρίου. Πιο συγκεκριμένα, οι συμμετέχοντες αντιλαμβάνονται το AR-SANDBOX ως ένα σύστημα εύκολο στην χρήση που τους δημιουργεί αίσθημα αυτοπεποίθησης ως προς το χειρισμό, ενώ η πλειονότητά τους δηλώνει ότι δεν απαιτείται πρόσθετη τεχνική υποστήριξη για τη λειτουργία του. Ο συνολικός δείκτης ευχρηστίας του δείγματός μας 84/100, είναι ενδεικτικός της εξαιρετικής (excellent) ευχρηστίας σύμφωνα με τους Bangor et al. (2009). Τα ανωτέρω αποτελέσματα ταυτίζονται με τη μελέτη των Moore et al. (2020) ενισχύοντας τη θετική εικόνα του AR-SANDBOX ως προς την ευχρηστία του.

Δεδομένου του περιορισμού της παρούσας έρευνας ως προς το δείγμα και την αδυναμία γενίκευσης του αποτελέσματος, κρίνεται ως αναγκαία η διεξαγωγή έρευνας μεγαλύτερης κλίμακας, με σκοπό την διερεύνηση της ευχρηστίας του AR-SANDBOX, ενισχύοντας την ενσωμάτωση τεχνολογιών AR στην εκπαίδευση STEM. Επιπλέον, η έρευνα θέτει έναν ακόμη εύλογο προβληματισμό για την περαιτέρω διερεύνηση της αποτελεσματικότητας της διδακτικής παρέμβασης STEM με το AR-SANDBOX, σε σύγκριση με παραδοσιακές διδακτικές προσεγγίσεις, στην ανάπτυξη χωρικών δεξιοτήτων και στην κατανόηση επιστημονικών εννοιών που άπτονται του ανάγλυφου και της τοπογραφίας.

Βιβλιογραφία

Bangor, A., Kortum, P., & Miller, J. (2009). Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. *Journal of usability studies*, *4*(3), 114-123. Ανακτήθηκε στις 28 Νοεμβρίου 2024 από: https://uxpajournal.org/wpcontent/uploads/sites/7/pdf/JUS_Bangor_May2009.pdf

Brooke, J. (1996). SUS: a 'quick and dirty' usability Scale. Στο P. W. Jordan, B. Thomas, I. L. McClelland, B. Weerdmeester *Usability evaluation in industry*, 189–194. eBook ISBN: 9780429157011

Brooke, J. (2013). SUS: a retrospective. *Journal of usability studies, 8*(2), 29–40. Ανακτήθηκε στις 28 Νοεμβρίου 2024 από: https://uxpajournal.org/wp-content/uploads/sites/7/pdf/JUS_Brooke_February_2013.pdf

Conley, Q., Atkinson, R. K., Nguyen, F., & Nelson, B. C. (2020). MantarayAR: Leveraging augmented reality to teach probability and sampling. *Computers and Education*, 153. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103895

Garzón, J., & Acevedo, J. (2019). Meta-analysis of the impact of Augmented Reality on students' learning gains. *Educational Research Review*, 27, 244-260. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.04.001

Katsanos, C., Tselios, N., & Xenos, M. (2012). Perceived usability evaluation of learning management systems: a first step towards standardization of the System Usability Scale in Greek. *Στο 2012 16th Panhellenic Conference on Informatics* (σ. 302-307). IEEE.

Moore, A., Daniel, B., Leonard, G., Regenbrecht, H., Rodda, J., Baker, L. Ryan R. & Mills, S. (2020). Comparative usability of an augmented reality sandtable and 3D GIS for education. *International Journal of Geographical Information Science*, *34*(2), 229–250. https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1656810

National Science Teaching Association (NSTA), (χ.χ.). Ανακτήθηκε στις 28 Νοεμβρίου 2024 από: STEM Education Teaching and Learning | NSTA

Psycharis, S., Sdravopoulou, K., Botsari, E. (2023). Augmented Reality in STEM Education: Mapping Out the Future. Στο: D. Guralnick, M.E. Auer, A. Poce (Επιμ.) *Creative Approaches to Technology-Enhanced Learning for the Workplace and Higher Education*. TLIC 2023. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 767. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-41637-8_55