

Έκθεση Αξιολόγησης Μαθησιακής Εμπειρίας – WP2

1. Εισαγωγή και Σκοπός

Η Αξιολόγηση της Μαθησιακής Εμπειρίας αποσκοπούσε στην παροχή μιας ολοκληρωμένης κατανόησης των εμπειριών, των αναγκών, των αντιλήψεων και των μαθησιακών προκλήσεων των κύριων ομάδων-στόχων του STEM-IT σε σχέση με τη χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας (Augmented Reality – AR) και της Εικονικής Πραγματικότητας (Virtual Reality – VR) στην εκπαίδευση STEM.

Η αξιολόγηση είχε δύο συμπληρωματικούς σκοπούς. Πρώτον, διερεύνησε τις αντιλήψεις των χρηστών σχετικά με τη μάθηση που υποστηρίζεται από AR/VR, με ιδιαίτερη έμφαση στην αντιλαμβανόμενη ευκολία χρήσης, την προσβασιμότητα, την εμπλοκή, την παρακίνηση, το ενδιαφέρον και την ικανοποίηση. Δεύτερον, εντόπισε έννοιες και θεματικές των STEM μαθημάτων τις οποίες οι εκπαιδευόμενοι δυσκολεύονται να κατανοήσουν και να συγκρατήσουν και οι οποίες, κατά συνέπεια, θα μπορούσαν να ωφεληθούν ιδιαίτερα από διαδραστικές, εμβυθιστικές και οπτικές μορφές αναπαράστασης.

Η αξιολόγηση υιοθέτησε προσέγγιση μικτών μεθόδων, συνδυάζοντας ποσοτικά δεδομένα από ερωτηματολόγια με ποιοτικές πληροφορίες που συλλέγονται μέσω ανοικτών ερωτήσεων σε έρευνες και εις βάθος διαδικτυακών συνεντεύξεων. Μια αξιολόγηση διατήρησης της γνώσης (retention assessment) σε επιλεγμένα θέματα STEM συμπλήρωσε τα παραπάνω μέτρα, εξετάζοντας όχι μόνο την άμεση μαθησιακή εμπειρία των συμμετεχόντων αλλά και τον βαθμό στον οποίο η κατανόηση διατηρείται με την πάροδο του χρόνου.

Η προσέγγιση αυτή ήταν ιδιαίτερα σημαντική υπό το πρίσμα της συστηματικής ανασκόπησης που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του STEM-IT. Η ανασκόπηση ανέλυσε 204 εμπειρικές μελέτες και διέκρινε μεταξύ εννοιολογικής κατανόησης — «γνωρίζω γιατί» (knowing why) — και διαδικαστικής κατανόησης — «γνωρίζω πώς» (knowing how). Τα ευρήματα δείχνουν ότι οι μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης συχνά επιδεικνύουν διαδικαστική επάρκεια, ενώ η εννοιολογική τους κατανόηση παραμένει αποσπασματική ή ασταθής.

2. Πλαίσιο Αξιολόγησης

Η Αξιολόγηση της Μαθησιακής Εμπειρίας ενσωμάτωσε καθιερωμένες διαστάσεις από τρία συμπληρωματικά πλαίσια:

Το Μοντέλο Αποδοχής Τεχνολογίας (Technology Acceptance Model – TAM) συνέβαλε στην αξιολόγηση της αποδοχής των τεχνολογιών AR/VR από τους συμμετέχοντες, ιδιαίτερα ως προς τις αντιλήψεις τους σχετικά με τη χρησιμότητα και την ευκολία χρήσης των εμβυθιστικών τεχνολογιών για τη μάθηση STEM.

Το Ερωτηματολόγιο Παρακίνησης Εκπαιδευτικού Υλικού (Instructional Materials Motivation Survey – IMMS) συνέβαλε στην αξιολόγηση των παρακινητικών χαρακτηριστικών της μαθησιακής εμπειρίας,

συμπεριλαμβανομένων της προσοχής, της αντιλαμβανόμενης συνάφειας, της αυτοπεποίθησης και της ικανοποίησης των συμμετεχόντων.

Η Κλίμακα Ενδιαφέροντος για τη Δραστηριότητα (Task Interest Scale – TIS) συνέβαλε στην αξιολόγηση του περιστασιακού ενδιαφέροντος και της εμπλοκής των συμμετεχόντων στις μαθησιακές δραστηριότητες STEM που υποστηρίζονται από AR/VR.

Αντί τα εργαλεία αυτά να χορηγηθούν ανεξάρτητα, οι σχετικές διαστάσεις τους ενσωματώθηκαν σε μια προσαρμοσμένη Κλίμακα Αξιολόγησης Μαθησιακής Εμπειρίας STEM-IT, κατάλληλη για τους στόχους και τις ομάδες-στόχους του έργου.

Το εργαλείο που προέκυψε διερεύνησε τέσσερις βασικές διαστάσεις:

Διάσταση	Ενδεικτική εστίαση
Ευκολία χρήσης	Πλοήγηση, αλληλεπίδραση, σαφήνεια, απαιτούμενη τεχνολογική προσπάθεια
Προσβασιμότητα	Δυνατότητα πρόσβασης και αλληλεπίδρασης με πόρους AR/VR, εμπόδια και ανάγκες υποστήριξης
Εμπλοκή και ενδιαφέρον	Προσοχή, περιέργεια, εμπύηση, προθυμία για εξερεύνηση
Ικανοποίηση και αντιλαμβανόμενη αξία	Ευχαρίστηση, αντιλαμβανόμενη χρησιμότητα, αυτοπεποίθηση και προθυμία για μελλοντική χρήση AR/VR

Το ποσοτικό σκέλος συμπληρώθηκε από ποιοτικές ερωτήσεις, σχεδιασμένες ώστε να διερευνούν γιατί οι συμμετέχοντες ανταποκρίνονται με συγκεκριμένους τρόπους, τι αναμένουν από την εμπυιστική μάθηση STEM, ποιες δυσκολίες αντιμετωπίζουν και ποιες βελτιώσεις θεωρούν αναγκαίες.

3. Ομάδες-στόχοι και Συλλογή Δεδομένων

Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από τις κύριες ομάδες-στόχους του έργου, με τουλάχιστον 15 συμμετέχοντες ανά εταίρο, με εξαίρεση τη MATH, σύμφωνα με τη μεθοδολογία του έργου.

Το UoA συντόνισε την ανάπτυξη του εργαλείου αξιολόγησης, καθορίζοντας το πεδίο εφαρμογής της έρευνας και προετοιμάζοντας μια αρχική δεξαμενή ερωτήσεων. Στη συνέχεια, τα προτεινόμενα ερωτήματα εξετάστηκαν από κοινού από τους εταίρους του έργου, ώστε να διασφαλιστεί η συνάφειά τους με διαφορετικά εθνικά, εκπαιδευτικά και STEM πλαίσια, πριν από τη χορήγηση της τελικής έκδοσης.

Η συλλογή δεδομένων περιέλαβε τρία αλληλένδετα στάδια.

Στάδιο 1 – Αρχικό ερωτηματολόγιο. Οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν το προσαρμοσμένο ερωτηματολόγιο, το οποίο ενσωμάτωνε επιλεγμένες διαστάσεις των TAM, IMMS και TIS. Το στάδιο αυτό παρήγαγε ποσοτικά δεδομένα σχετικά με την ευκολία χρήσης, την προσβασιμότητα, την εμπλοκή, το ενδιαφέρον, την παρακίνηση, την ικανοποίηση και την αντιλαμβανόμενη εκπαιδευτική αξία. Παράλληλα, οι ανοικτές ερωτήσεις επέτρεψαν στους συμμετέχοντες να περιγράψουν τις εμπειρίες, τις προσδοκίες και τις δυσκολίες τους.

Στάδιο 2 – Εις βάθος διαδικτυακές συνεντεύξεις. Επιλεγμένοι συμμετέχοντες έλαβαν μέρος σε διαδικτυακές συνεντεύξεις που είχαν ως στόχο τη βαθύτερη διερεύνηση των ευρημάτων του ερωτηματολογίου. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στους στόχους των συμμετεχόντων, στα αντιλαμβανόμενα

οφέλη, στα τεχνολογικά και παιδαγωγικά εμπόδια, σε ζητήματα προσβασιμότητας και στις προτάσεις για τη βελτίωση των πόρων AR/VR για STEM.

Στάδιο 3 – Αξιολόγηση διατήρησης της γνώσης. Οι NSM και DDE πραγματοποίησαν δοκιμασία διατήρησης της γνώσης, εστιασμένη σε επιλεγμένες έννοιες STEM. Η συνιστώσα αυτή ήταν ιδιαίτερα σημαντική, καθώς η διατήρηση της γνώσης έχει διερευνηθεί σε πολύ μικρότερο βαθμό από την άμεση κατανόηση στην υπάρχουσα έρευνα για την εκπαίδευση STEM. Από τις 204 μελέτες που συμπεριλήφθηκαν στη συστηματική ανασκόπηση του έργου, οι 200 εξέτασαν την τρέχουσα κατανόηση και μόνο τέσσερις εξέτασαν ρητά τη διατήρηση της γνώσης.

4. Ανάλυση Δεδομένων Ερωτηματολογίων και Ερευνών

Τα ποσοτικά δεδομένα των ερωτηματολογίων αναλύθηκαν περιγραφικά και, όπου το μέγεθος του δείγματος και η ποιότητα των δεδομένων το επέτρεπε, συγκριτικά.

Για κάθε διάσταση αξιολόγησης, οι απαντήσεις συνοψίστηκαν με συχνότητες, ποσοστά, μέσους όρους και μέτρα διασποράς. Στη συνέχεια υπολογίστηκαν σύνθετες βαθμολογίες για τις κύριες διαστάσεις της προσαρμοσμένης κλίμακας, υπό την προϋπόθεση ότι η τελική δομή των ερωτημάτων και οι ψυχομετρικές ιδιότητες υποστηρίζουν μια τέτοια ομαδοποίηση.

Η ανάλυση απάντησε σε ερωτήματα όπως:

Πόσο εύχρηστους θεωρούν οι συμμετέχοντες τους πόρους AR/VR; Πόσο προσβάσιμα είναι τα μαθησιακά περιβάλλοντα; Σε ποιο βαθμό οι εμβυθιστικές δραστηριότητες διεγείρουν την προσοχή, την περιέργεια και το ενδιαφέρον; Αντιλαμβάνονται οι συμμετέχοντες το AR/VR ως εκπαιδευτικά χρήσιμο και όχι απλώς ως ψυχαγωγικό; Είναι ικανοποιημένοι από την εμπειρία και πρόθυμοι να χρησιμοποιήσουν παρόμοιους πόρους σε μελλοντικές μαθησιακές δραστηριότητες STEM;

Είναι σημαντικό ότι η θετική αποδοχή της τεχνολογίας δεν ερμηνεύτηκε αυτομάτως ως απόδειξη επιτυχημένης μάθησης. Η συστηματική ανασκόπηση δείχνει ότι οι μαθητές μπορούν να εκτελούν επιτυχώς διαδικασίες, ενώ εξακολουθούν να στερούνται συνεκτικής εννοιολογικής κατανόησης. Στα πεδία STEM, οι περισσότερες μελέτες ταξινομήθηκαν στην κατηγορία της αναπτυσσόμενης κατανόησης (developing comprehension), ενώ η πραγματικά ολοκληρωμένη εννοιολογική κατανόηση ήταν συγκριτικά σπάνια.

Κατά συνέπεια, τα δεδομένα της εμπειρίας χρήστη ερμηνεύτηκαν σε συνδυασμό με τα ποιοτικά δεδομένα και, όπου είναι διαθέσιμα, με τα αποτελέσματα της αξιολόγησης διατήρησης της γνώσης.

5. Ανάλυση των Εις Βάθος Συνεντεύξεων

Οι διαδικτυακές συνεντεύξεις παρείχαν την ποιοτική διάσταση της Αξιολόγησης της Μαθησιακής Εμπειρίας.

Η θεματική ανάλυση οργανώθηκε γύρω από πέντε ευρείες κατηγορίες:

1. Αντιλαμβανόμενη εκπαιδευτική αξία – πώς το AR/VR βοηθά τους συμμετέχοντες να κατανοήσουν έννοιες STEM.
2. Εμπλοκή και παρακίνηση – ποια χαρακτηριστικά διεγείρουν την περιέργεια, την εξερεύνηση και τη διαρκή συμμετοχή.

3. Ευχρηστία και προσβασιμότητα – τεχνολογικά, γνωστικά ή πρακτικά εμπόδια που συναντώνται κατά την αλληλεπίδραση.

4. Εννοιολογική κατανόηση – κατά πόσο η οπτικοποίηση και η αλληλεπίδραση βοηθούν τους συμμετέχοντες να κατανοήσουν γιατί συμβαίνει ένα φαινόμενο, αντί απλώς να θυμούνται πώς εκτελείται μια εργασία.

5. Ανάγκες και συστάσεις – προτάσεις των συμμετεχόντων σχετικά με το περιεχόμενο, τον σχεδιασμό, την υποστήριξη, τη μαθησιακή υποστήριξη (scaffolding) και τους μελλοντικούς πόρους AR/VR.

Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε σε επαναλαμβανόμενα σχόλια σχετικά με έννοιες που οι συμμετέχοντες περιγράφουν ως αφηρημένες, μη ορατές, δυναμικές, χωρικά σύνθετες ή δύσκολες στην οπτικοποίηση. Οι απαντήσεις αυτές τροφοδότησαν άμεσα την επιλογή και τον σχεδιασμό των πόρων που θα αναπτυχθούν στο WP3.

6. Προσδιορισμός Θεμάτων Προτεραιότητας στα Μαθήματα STEM

Ο προσδιορισμός των θεμάτων προτεραιότητας στα STEM δεν βασίστηκε σε μία μόνο πηγή τεκμηρίωσης. Αντίθετα, η Αξιολόγηση της Μαθησιακής Εμπειρίας αξιοποίησε μια διαδικασία τριγωνοποίησης, συνδυάζοντας:

(α) τα ευρήματα της συστηματικής ανασκόπησης,

(β) τις απαντήσεις εκπαιδευτικών και συμμετεχόντων στα ερωτηματολόγια,

(γ) τα ποιοτικά δεδομένα από τις συνεντεύξεις και

(δ) όπου είναι διαθέσιμα, τα αποτελέσματα της δοκιμασίας διατήρησης της γνώσης.

Η προσέγγιση αυτή υποστηρίζεται ιδιαίτερα από τη συστηματική ανασκόπηση. Το τρίτο ερευνητικό της ερώτημα διερεύνησε ειδικά ποια θέματα STEM δυσκολεύονται περισσότερο οι μαθητές να κατανοήσουν και να διατηρήσουν στη μνήμη τους, ενώ η ανάλυση κωδικοποίησε τα θέματα ανά κλάδο STEM και ανάλογα με τη φύση της δυσκολίας που εντοπίστηκε.

Προκαταρκτικά θέματα προτεραιότητας που εντοπίστηκαν από τη συστηματική ανασκόπηση

Τα διαθέσιμα στοιχεία παρέχουν ένα εξαιρετικό σημείο εκκίνησης για τη διαδικασία επιλογής θεμάτων του STEM-IT.

Πεδίο STEM	Θέματα προτεραιότητας που εντοπίστηκαν
Φυσική	Ηλεκτρισμός και ηλεκτρικά κυκλώματα· δύναμη· μετασχηματισμοί ενέργειας· κίνηση
Χημεία	Χημικοί δεσμοί και μοριακή δομή· στοιχειομετρία· διατήρηση της ύλης
Βιολογία	Φωτοσύνθεση· κυτταρική αναπνοή· γενετική· κληρονομικότητα
Επιστήμες της Γης και του Περιβάλλοντος	Κλιματικά συστήματα· κύκλος του άνθρακα· τεκτονική πλακών
Μαθηματικά	Μεταβλητές και συναρτησιακές σχέσεις· χωρική οπτικοποίηση· ρυθμός μεταβολής και συσσώρευση· αναλογικός συλλογισμός· απόδειξη και παραγωγικός συλλογισμός· όρια και συνέχεια
Τεχνολογία/Μηχανική	Λογική και μείωση σφαλμάτων· βελτιστοποίηση και αλληλεξάρτηση συστημάτων· αφαίρεση και σχεδιασμός αλγορίθμων· μεταφορά μεταξύ αναπαραστάσεων και ολοκλήρωση συστημάτων

Διεπιστημονικό STEM	Κλιματική αλλαγή· ενεργειακή πολιτική· βιοτεχνολογία· μοντελοποίηση συστημάτων
---------------------	--

Οι προτεραιότητες αυτές υποστηρίζονται άμεσα από τη σύνθεση της ανασκόπησης. Στη Φυσική, ο ηλεκτρισμός και τα ηλεκτρικά κυκλώματα εμφανίστηκαν συχνότερα (n=15), ακολουθούμενα από τη δύναμη και τους μετασχηματισμούς ενέργειας (n=9 για το καθένα) και την κίνηση (n=8). Στη Χημεία, οι δυσκολίες επικεντρώθηκαν ιδιαίτερα στους χημικούς δεσμούς και τη μοριακή δομή. Στη Βιολογία, ιδιαίτερα σημαντικές δυσκολίες εμφανίστηκαν στη φωτοσύνθεση, ακολουθούμενη από την κυτταρική αναπνοή και τη γενετική. Στις Επιστήμες της Γης και του Περιβάλλοντος, οι δυσκολίες αφορούσαν τα κλιματικά συστήματα, τον κύκλο του άνθρακα και την τεκτονική πλακών.

Στα Μαθηματικά παρουσιάστηκαν δυσκολίες στις μεταβλητές και τις συναρτησιακές σχέσεις και στη χωρική οπτικοποίηση (n=11 για καθεμία), ακολουθούμενες από τον ρυθμό μεταβολής και τη συσσώρευση, τον αναλογικό συλλογισμό, την απόδειξη και τον παραγωγικό συλλογισμό, καθώς και τα όρια και τη συνέχεια. Στην Τεχνολογία και τη Μηχανική, οι δυσκολίες περιλάμβαναν τη λογική και την μείωση σφαλμάτων, τη βελτιστοποίηση και την αλληλεξάρτηση συστημάτων, καθώς και την αφαίρεση και τον σχεδιασμό αλγορίθμων.

Τα διεπιστημονικά πλαίσια STEM ανέδειξαν επίσης σημαντικές προκλήσεις, ιδιαίτερα στην κλιματική αλλαγή (n=15), την ενεργειακή πολιτική (n=5), τη βιοτεχνολογία (n=3), καθώς και στα διεπιστημονικά έργα και τη μοντελοποίηση συστημάτων (n=6). Οι περιοχές αυτές παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, επειδή είναι γνωστικά απαιτητικές, αλλά μπορούν να υποστηρίξουν ολοκληρωμένη κατανόηση όταν παρέχεται κατάλληλη μαθησιακή υποστήριξη (scaffolding).

7. Από τις Εντοπισμένες Δυσκολίες στους Εκπαιδευτικούς Πόρους AR/VR

Ο σκοπός του εντοπισμού δύσκολων θεμάτων STEM δεν είναι απλώς η κατάρτιση ενός καταλόγου παρανοήσεων. Τα ευρήματα καθοδήγησαν την επιλογή και τον παιδαγωγικό σχεδιασμό των εκπαιδευτικών πόρων AR/VR στο WP3.

Κατά συνέπεια, προτεραιότητα δόθηκε σε θέματα που ικανοποιούν ταυτόχρονα αρκετά κριτήρια: αναδεικνύονται ως προβληματικά στη βιβλιογραφία· οι εκπαιδευτικοί τα χαρακτηρίζουν δύσκολα στη διδασκαλία· οι εκπαιδευόμενοι τα χαρακτηρίζουν δύσκολα στην κατανόηση ή στη συγκράτηση· και τα χαρακτηριστικά τους τα καθιστούν ιδιαίτερα κατάλληλα για εμβυθιστική αναπαράσταση.

Η συστηματική ανασκόπηση παρέχει ισχυρή θεωρητική τεκμηρίωση για αυτή την προσέγγιση. Πολλά από τα δυσκολότερα θέματα απαιτούν από τους εκπαιδευόμενους να συνδέσουν αφηρημένες αναπαραστάσεις με μηχανισμούς που είναι μη ορατοί, δυναμικοί ή συστημικοί. Παραδείγματα αποτελούν οι μοριακές αλληλεπιδράσεις, ο ηλεκτρισμός, οι δυνάμεις, οι μετασχηματισμοί ενέργειας, οι κυτταρικές διεργασίες και τα σύνθετα συστήματα της Γης.

Ακριβώς σε αυτά τα σημεία το AR/VR μπορεί να προσφέρει ιδιαίτερη εκπαιδευτική αξία. Για παράδειγμα, ένας πόρος AR/VR επέτρεψε στους εκπαιδευόμενους να οπτικοποιούν μοριακούς δεσμούς σε διαφορετικές κλίμακες, να χειρίζονται δυνάμεις και να παρατηρούν την κίνηση που προκύπτει, να εισέρχονται σε ένα τρισδιάστατο κύτταρο για να διερευνήσουν την κυτταρική αναπνοή, να οπτικοποιούν δυναμικά τους μετασχηματισμούς ενέργειας, να εξερευνούν τις αλληλεπιδράσεις των τεκτονικών πλακών ή να μεταβάλλουν στοιχεία του κύκλου του άνθρακα και να παρατηρούν τις συστημικές συνέπειες.

Επομένως, η τελική επιλογή δεν απάντησε απλώς στο ερώτημα:

«Ποια θέματα είναι δύσκολα;»

αλλά μάλλον στο ερώτημα:

«Ποιες δύσκολες έννοιες STEM θα μπορούσαν να γίνουν περισσότερο κατανοητές μέσω χωρικής, διαδραστικής, δυναμικής ή εμπυθιστικής αναπαράστασης;»

Η διάκριση αυτή παρέχει μια άμεση και τεκμηριωμένη σύνδεση μεταξύ της ανάλυσης αναγκών του WP2 και της ανάπτυξης πόρων στο WP3.

8. Αξιολόγηση Διατήρησης της Γνώσης

Η συνιστώσα της διατήρησης της γνώσης αποτελεί σημαντική προστιθέμενη αξία της Αξιολόγησης Μαθησιακής Εμπειρίας STEM-IT.

Η συστηματική ανασκόπηση καταδεικνύει ένα σημαντικό ερευνητικό κενό: μόνο τέσσερις από τις 204 μελέτες εξέτασαν ρητά τη διατήρηση της γνώσης. Ωστόσο, τα περιορισμένα διαθέσιμα στοιχεία υποδεικνύουν ένα σημαντικό μοτίβο. Η διαδικαστική γνώση μπορεί να διατηρείται, ενώ η εννοιολογική κατανόηση επιδεινώνεται όταν οι εκπαιδευόμενοι δεν έχουν ευκαιρίες για δομημένο αναστοχασμό και επανεμπλοκή.

Για παράδειγμα, τα στοιχεία που εξετάστηκαν στη Φυσική έδειξαν ότι η διαδικαστική ικανότητα σχετικά με τη δύναμη και την ενέργεια μπορούσε να διατηρείται, ενώ η επεξηγηματική συλλογιστική επιδεινωνόταν χωρίς δομημένη επανάληψη. Στα Μαθηματικά, η επαναληπτική και αναστοχαστική μάθηση συσχετίστηκε με καλύτερη επίδοση σε καθυστερημένη αξιολόγηση μετά από τέσσερις εβδομάδες.

Η αξιολόγηση διατήρησης της γνώσης του STEM-IT υπερέβη, επομένως, την απλή ανάκληση πραγματολογικών πληροφοριών. Όπου είναι δυνατόν, διέκρινε μεταξύ:

Διαδικαστικής διατήρησης — «Μπορεί ο εκπαιδευόμενος να το κάνει ακόμη;»

και

Εννοιολογικής διατήρησης — «Μπορεί ο εκπαιδευόμενος να εξηγήσει ακόμη γιατί συμβαίνει;»

Η διάκριση αυτή ενίσχυσε ουσιαστικά την αξιολόγηση των πόρων AR/VR, επειδή μια επιτυχημένη εμπυθιστική μαθησιακή εμπειρία συνέβαλε όχι μόνο στην εμπλοκή και την άμεση επίδοση, αλλά και στη διαρκή εννοιολογική κατανόηση.

9. Ενοποίηση Ποσοτικών και Ποιοτικών Ευρημάτων

Η τελική Αξιολόγηση της Μαθησιακής Εμπειρίας ενοποίησε τις διαφορετικές πηγές τεκμηρίωσης, αντί να τις παρουσιάζει ανεξάρτητα.

Για παράδειγμα, ένα θέμα STEM έλαβε υψηλή προτεραιότητα όταν συγκλίνουν πολλά ευρήματα: οι εκπαιδευτικοί αναφέρουν ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να το κατανοήσουν· οι εκπαιδευόμενοι το χαρακτηρίζουν δύσκολο· η βιβλιογραφία εντόπισε επίμονες παρανοήσεις· οι βαθμολογίες διατήρησης είναι χαμηλές· και οι συμμετέχοντες αναφέρουν ότι η οπτικοποίηση ή ο διαδραστικός χειρισμός θα υποστήριζαν την κατανόησή τους.

Αντίθετα, ένα θέμα που είναι δύσκολο αλλά απαιτεί κυρίως επαναλαμβανόμενη διαδικαστική εξάσκηση αποτέλεσε χαμηλότερη προτεραιότητα για εμπυθιστική ανάπτυξη σε σύγκριση με μια έννοια που περιλαμβάνει τρισδιάστατες δομές, δυναμικές διεργασίες, μη ορατούς μηχανισμούς, χωρικές σχέσεις ή σύνθετα συστήματα.

Κατά συνέπεια, παράχθηκε ένας τελικός Πίνακας Προτεραιοτήτων για το WP3:

Θέμα	Τεκμηρίωση βιβλιογραφίας	Δεδομένα έρευνας	Δεδομένα συνεντεύξεων	Δυσκολία διατήρησης	Καταλληλότητα AR/VR	Προτεραιότητα
Ηλεκτρισμός και κυκλώματα	Υψηλή	Προς αξιολόγηση	Προς αξιολόγηση	Προς αξιολόγηση	Υψηλή	Προς καθορισμό
Μετασχηματισμοί ενέργειας	Υψηλή	Προς αξιολόγηση	Προς αξιολόγηση	Προς αξιολόγηση	Υψηλή	Προς καθορισμό
Χημικοί δεσμοί	Υψηλή	Προς αξιολόγηση	Προς αξιολόγηση	Προς αξιολόγηση	Πολύ υψηλή	Προς καθορισμό
Φωτοσύνθεση	Υψηλή	Προς αξιολόγηση	Προς αξιολόγηση	Προς αξιολόγηση	Υψηλή	Προς καθορισμό
Κυτταρική αναπνοή	Υψηλή	Προς αξιολόγηση	Προς αξιολόγηση	Προς αξιολόγηση	Πολύ υψηλή	Προς καθορισμό
Χωρική οπτικοποίηση	Υψηλή	Προς αξιολόγηση	Προς αξιολόγηση	Προς αξιολόγηση	Πολύ υψηλή	Προς καθορισμό
Κλιματικά συστήματα	Υψηλή	Προς αξιολόγηση	Προς αξιολόγηση	Προς αξιολόγηση	Πολύ υψηλή	Προς καθορισμό
Κύκλος του άνθρακα	Υψηλή	Προς αξιολόγηση	Προς αξιολόγηση	Προς αξιολόγηση	Πολύ υψηλή	Προς καθορισμό
Τεκτονική πλακών	Υψηλή	Προς αξιολόγηση	Προς αξιολόγηση	Προς αξιολόγηση	Πολύ υψηλή	Προς καθορισμό

Οι καταχωρίσεις «Προς αξιολόγηση» είναι σημαντικές σε αυτό το στάδιο. Το διαθέσιμο έγγραφο παρέχει τα στοιχεία της βιβλιογραφίας, αλλά δεν περιλαμβάνει τα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων, των συνεντεύξεων ή της δοκιμασίας διατήρησης της γνώσης του STEM-IT. Συνεπώς, οι συγκεκριμένες στήλες δεν συμπληρώθηκαν μέχρι να είναι διαθέσιμα πραγματικά δεδομένα από τους συμμετέχοντες.

10. Αναμενόμενα Αποτελέσματα και Συστάσεις

Η Αξιολόγηση της Μαθησιακής Εμπειρίας παρέχε μια τεκμηριωμένη βάση για την ανάπτυξη των εκπαιδευτικών πόρων AR/VR του STEM-IT. Συνδυάζοντας την αποδοχή της τεχνολογίας, την παρακίνηση, το ενδιαφέρον για τη δραστηριότητα, την ποιοτική εμπειρία χρήστη, την εννοιολογική δυσκολία και τη διατήρηση της γνώσης, η αξιολόγηση υπερβαίνει μια απλή αποτίμηση του κατά πόσο οι συμμετέχοντες «άρεσαν» την εμπυθιστική τεχνολογία.

Τα ευρήματα επέτρεψαν στην κοινοπραξία να προσδιορίσει ποια θέματα STEM τέθηκαν σε προτεραιότητα, γιατί οι εκπαιδευόμενοι αντιμετωπίζουν δυσκολίες σε αυτά και ποια χαρακτηριστικά του AR/VR αξιοποιήθηκαν παιδαγωγικά για την αντιμετώπιση αυτών των δυσκολιών.

Η συστηματική ανασκόπηση δείχνει ήδη ότι η κεντρική εκπαιδευτική πρόκληση δεν είναι πρωτίστως η ικανότητα των μαθητών να εκτελούν διαδικασίες, αλλά η ανάπτυξη συνεκτικής, μεταφέρσιμης και διαρκούς εννοιολογικής κατανόησης. Οι μαθητές είναι πιθανότερο να διατηρήσουν γνώσεις που έχουν ενσωματωθεί με ουσιαστικό τρόπο, ενώ η γνώση που αποκτάται διαδικαστικά χωρίς αναστοχασμό είναι περισσότερο ευάλωτη σε αποσπασματικότητα και φθορά με την πάροδο του χρόνου.

Κατά συνέπεια, οι πόροι του WP3 έδωσαν προτεραιότητα στην ενεργό εξερεύνηση, στις πολλαπλές αναπαραστάσεις, στον χειρισμό, στη μοντελοποίηση, στη διερεύνηση και στις ευκαιρίες για αναστοχασμό, αντί να χρησιμοποιούν το AR/VR κυρίως για οπτική ελκυστικότητα ή τεχνολογικό νεωτερισμό. Το τελικό κριτήριο επιτυχίας των εμπυθιστικών πόρων STEM-IT ήταν, επομένως, η ικανότητά τους να μετακινούν τους εκπαιδευόμενους από το «γνωρίζω πώς» προς το «γνωρίζω γιατί», υποστηρίζοντας παράλληλα την εμπλοκή, την προσβασιμότητα και τη διατηρήσιμη κατανόηση.

Ένα σημαντικό μεθοδολογικό σημείο: η συστηματική ανασκόπηση παρουσιάστηκε ως μία πηγή τεκμηρίωσης στο πλαίσιο της Αξιολόγησης Μαθησιακής Εμπειρίας και όχι σαν να αποτελεί αποτέλεσμα του ερωτηματολογίου. Με αυτόν τον τρόπο, το παραδοτέο ενισχύθηκε σημαντικά: συστηματική ανασκόπηση → αξιολόγηση αναγκών βασισμένη στα TAM/IMMS/TIS → συνεντεύξεις → δοκιμασία διατήρησης → θέματα προτεραιότητας STEM → ανάπτυξη AR/VR στο WP3. Η αλληλουχία αυτή προσέδωσε σε ολόκληρο το πακέτο εργασίας μια πολύ σαφή μεθοδολογική αλυσίδα.