

Ο ρόλος της Εικονικής Πραγματικότητας στη διδασκαλία της Κυκλοφοριακής Αγωγής

Φωκίδης Μ., Τσολακίδης Κ.

Περίληψη

Η Ελλάδα έχει μεγάλο αριθμό τροχαίων ατυχημάτων με σημαντικό αριθμό θανάτων και τραυματισμών. Παρόλα αυτά, η Κυκλοφοριακή Αγωγή, παράγοντας που θα βελτίωνε σημαντικά την υπάρχουσα κατάσταση, διδάσκεται στο δημοτικό σχολείο με τρόπο αναποτελεσματικό. Οι Νέες Τεχνολογίες και συγκεκριμένα τα πολυμέσα και η εικονική πραγματικότητα, μπορούν να προσφέρουν μαθησιακά περιβάλλοντα ιδιαίτερα αποτελεσματικά στη διδασκαλία της Κυκλοφοριακής Αγωγής. Οι εφαρμογές πολυμέσων είναι πιο κοντά στις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας, είναι πιο εύκολα υλοποιήσιμες και εφαρμόσιμες στο σχολικό περιβάλλον. Από την άλλη όμως πλευρά, η εικονική πραγματικότητα, που είναι αποτελεσματικότερο παιδαγωγικό εργαλείο, γίνεται όλο και πιο προσιτή χάρη στις πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις και τη σταδιακή μείωση του κόστους. Στο άρθρο παρουσιάζονται οι δύο αυτές τεχνολογίες, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτηματά τους και οι τρόποι με τους οποίους είναι δυνατή η αξιοποίησή τους στη διδασκαλία της Κυκλοφοριακής Αγωγής στο δημοτικό σχολείο.

Λέξεις-κλειδιά

κυκλοφοριακή αγωγή, εικονική πραγματικότητα, στόχοι κυκλοφοριακής αγωγής, εφαρμογές πολυμέσων, προσομοιώσεις, αλληλεπίδραση, εμπύθιση.

1. Εισαγωγή

Η Ελλάδα ανήκει σε εκείνες τις χώρες με μεγάλο αριθμό τροχαίων ατυχημάτων. Σύμφωνα με τα στοιχεία του 2001, είχαμε 1.910 νεκρούς, 25.984 βαριά και ελαφρά τραυματισμένους σε ένα σύνολο 19.654 περιστατικών [1]. Είναι γεγονός ότι παρατηρείται μείωση του αριθμού των ατυχημάτων, που οφείλεται κυρίως στους ελέγχους και στα κατασταλτικά μέτρα που έχουν θεσπιστεί, όμως απέχουμε πολύ από το να πούμε ότι το πρόβλημα έπαψε να υπάρχει. Μελετώντας τα αίτια που προκάλεσαν τα ατυχήματα, παρατηρούμε ότι ένα ελάχιστο ποσοστό τους οφείλεται στο όχημα, τον καιρό και την κατάσταση του δρόμου. Η συντριπτική πλειοψηφία των ατυχημάτων οφείλεται στον άνθρωπο, είτε αυτός είναι οδηγός, είτε επιβάτης, είτε πεζός (πίνακας 1).

Σχεδόν όλα τα περιστατικά στα οποία εμπλέκεται ο ανθρώπινος παράγοντας, θα μπορούσαν να αποφευχθούν αν υπήρχε ανεπτυγμένο το αίσθημα ευθύνης και αν υπήρχε καλύτερη κυκλοφοριακή παιδεία. Η παιδεία αυτή δεν να αναφέρεται μόνο στη φάση κατά την οποία ένα άτομο εκπαιδεύεται για να αποκτήσει δίπλωμα οδήγησης. Οι απαραίτητες δεξιότητες, στάσεις και συμπεριφορές που καθιστούν ένα άτομο υπεύθυνο οδηγό, επιβάτη και πεζό, αποκτώνται σε πολύ μικρότερη ηλικία. Συνεπώς, η Κυκλοφοριακή Αγωγή στο δημοτικό σχολείο πιστεύουμε ότι μπορεί να αποτελέσει μακροπρόθεσμα, τον κυριότερο παράγοντα μείωσης των ατυχημάτων. Δυστυχώς, στην πραγματικότητα, η Κυκλοφοριακή Αγωγή αποτελεί ένα αντικείμενο που διδάσκεται σε πολύ μικρό βαθμό, αποσπασματικά και ανοργάνωτα.

Αιτία ατυχήματος	Αρ. περιστατικών	%
Οδηγός	19.439	89,37
Πεζός	1.685	7,74
Επιβάτης	67	0,3
Καιρός-οδός	497	2,28
Όχημα	62	0,28

Πίνακας 1. Αιτίες ατυχημάτων - 2001

Από την άλλη πλευρά, οι Νέες Τεχνολογίες και η Πληροφορική μας δίνουν ένα ευρύ φάσμα εργαλείων τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διδασκαλία της Κυκλοφοριακής Αγωγής, που έχουν τα ίδια μαθησιακά αποτελέσματα ή ακόμα υπερτερούν των παραδοσιακών μεθόδων διδασκαλίας. Τα εργαλεία αυτά είναι τα πολυμέσα και η εικονική πραγματικότητα. Η κατηγορία εφαρμογών και για τις δύο ομάδες εργαλείων είναι οι προσομοιώσεις. Το ενδιαφέρον μας στρέφεται κυρίως στην εικονική πραγματικότητα, εξαιτίας ενός συνόλου χαρακτηριστικών τα οποία θα αναλυθούν στη συνέχεια.

2. Στόχοι της Κυκλοφοριακής Αγωγής στο Δημοτικό σχολείο

Αναφέραμε ήδη ότι η Κυκλοφοριακή Αγωγή διδάσκεται με αναποτελεσματικό τρόπο στο δημοτικό σχολείο. Δεν αποτελεί ανεξάρτητο μάθημα, στοιχεία της διδάσκονται σε όλες τις τάξεις: στις τέσσερις πρώτες στα πλαίσια του μαθήματος “Μελέτη του περιβάλλοντος” και στις δύο τελευταίες στα πλαίσια του μαθήματος “Κοινωνική και πολιτική αγωγή”. Οι ώρες διδασκαλίας που διατίθενται είναι ελάχιστες, το διδακτικό υλικό δεν είναι ενημερωμένο και γενικά μπορούμε να πούμε ότι δεν υπάρχει συγκροτημένος τρόπος διδασκαλίας.

Συνεπώς, είναι απαραίτητο πρώτα απ’ όλα να επαναπροσδιορίσουμε τους στόχους που θα πρέπει να έχει είτε ως ανεξάρτητο μάθημα είτε ως κομμάτι άλλων μαθημάτων. Έτσι, σε γενικές γραμμές, οι στόχοι της Κυκλοφοριακής Αγωγής θα πρέπει να είναι τα παιδιά:

- Να γνωρίσουν το πώς λειτουργεί το οδικό σύστημα.
- Να αναπτύξουν τις απαραίτητες δεξιότητες για ασφαλή χρήση του οδικού περιβάλλοντος.
- Να γνωρίσουν και να κατανοήσουν τους κανόνες που καθορίζουν τη συμπεριφορά των οδικών χρηστών.
- Να προσδιορίσουν και να καταλάβουν τις συμπεριφορές και τις στάσεις που επηρεάζουν την οδική ασφάλεια.
- Να αναπτύξουν τις δεξιότητες λήψης αποφάσεων που θα τα επιτρέψουν να κάνουν επιλογές και να παίρνουν αποφάσεις είτε για τη δική τους ασφάλεια, είτε για την ασφάλεια των άλλων.
- Να αναπτύξουν την κατανόηση και τη φροντίδα για άλλους ανθρώπους.
- Να γνωρίσουν και να κατανοήσουν τα αίτια και τις συνέπειες των οδικών ατυχημάτων.
- Να αναπτύξουν τις απαραίτητες δεξιότητες που απαιτούνται ώστε να ταξιδεύουν ακίνδυνα με ή σε ένα όχημα.

Οι παραπάνω στόχοι μπορούν να κατανεμηθούν σε επιμέρους στόχους προσαρμοσμένους στην ηλικία των μαθητών [2]. Συγκεκριμένα, οι στόχοι ενός προγράμματος σπουδών για τις τάξεις Α΄, Β΄ και Γ΄ είναι τα παιδιά να μπορούν:

- Να κατανοήσουν ότι πρέπει να προστατεύονται, να εποπτεύονται και να συνοδεύονται σε οποιαδήποτε δραστηριότητα αφορά μετακίνηση σε δρόμους.
- Να αναγνωρίζουν ότι οι δρόμοι είναι για τα οχήματα και τα πεζοδρόμια είναι για τους ανθρώπους.
- Να περπατούν στο πεζοδρόμιο ή σωστά στο δρόμο όταν αυτό απαιτείται.
- Να αναγνωρίζουν τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των δρόμων της γειτονιάς τους και των ανθρωπών που θα τα βοηθήσουν για να τους διασχίσουν.
- Να διακρίνουν ποιες είναι οι ασφαλείς και ποιες οι επισφαλείς θέσεις για να περπατούν και για να διασχίζουν τους δρόμους.
- Να ξέρουν ότι πρέπει να σταματήσουν στην άκρη του οδοστρώματος, να δουν γύρω τους και να ακούσουν πριν διασχίσουν το δρόμο.
- Να αναγνωρίζουν τις ασφαλείς θέσεις στις οποίες μπορούν να παίζουν.

Στόχοι ενός προγράμματος σπουδών για τις τάξεις Δ΄, Ε΄, ΣΤ΄ είναι τα παιδιά να μπορούν:

- Να ξέρουν πώς να ταξιδεύουν ακίνδυνα σε και από το σχολείο.
- Να ξέρουν την ασφαλέστερη διαδρομή για μια σειρά προορισμών.
- Να καταλάβουν το ρόλο της οδικής σήμανσης και να χρησιμοποιούν τα φανάρια και βασικά σήματα κυκλοφορίας.
- Να ξέρουν τους βασικούς κανόνες που κυβερνούν τη συμπεριφορά των πεζών και της κυκλοφορίας.
- Να καταλάβουν τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν όλοι οι οδικοί χρήστες, ιδιαίτερα τα προβλήματα που συνδέονται με την απόσπαση της προσοχής και με τις καιρικές συνθήκες.
- Να καταλάβουν ότι τα τροχαία ατυχήματα προκαλούν θανάτους και τραυματισμούς.

Η διατύπωση των παραπάνω στόχων, μας δίνει ένα αρχικό πλαίσιο με το οποίο μπορούμε να υλοποιήσουμε διδακτικές πρακτικές που στηρίζονται τόσο σε παραδοσιακές μεθόδους, όσο και σε πρακτικές που στηρίζονται στις Νέες Τεχνολογίες.

3. Κυκλοφοριακή Αγωγή με τη χρήση των Νέων Τεχνολογιών

Προκειμένου ένα άτομο να κινείται με ασφάλεια στο δρόμο, πρέπει να κατέχει τις δεξιότητες και τη απαραίτητη στρατηγική σκέψη ώστε να λύσει τα πολλά προβλήματα που δημιουργούνται από το περιβάλλον κυκλοφορίας. Προκειμένου να αποκτηθούν αυτές οι δεξιότητες και να μάθουν πώς να τις

επεκτείνουν σωστά, τα παιδιά χρειάζονται την κατάλληλη κατάρτιση και εμπειρία. Είναι σαφές ότι προγράμματα πρακτικής εξάσκησης όπου τα παιδιά κρίνουν ενεργά συγκεκριμένα σενάρια κυκλοφορίας και λαμβάνουν ανατροφοδότηση για την επάρκεια των κρίσεών τους, είναι μεταξύ των αποτελεσματικότερων μέσων και μπορούν να βελτιώσουν ουσιαστικά τη συμπεριφορά τους ακόμα και από την ηλικία των 5 ετών [2] [3]. Ο ιδανικός χώρος, το ιδανικό πλαίσιο για αυτή την πρακτική εξάσκηση είναι οι ίδιοι οι δρόμοι. Αυτό δεν μας προξενεί ιδιαίτερη έκπληξη, δεδομένου ότι αυτό το πλαίσιο επιτρέπει στα παιδιά να αποκτήσουν την απαραίτητη εμπειρία και να αναπτύξουν την κριτική ικανότητα για θέματα κυκλοφορίας, ακριβώς στο περιβάλλον στο οποίο τελικά θα κληθούν να την εφαρμόσουν.

Δυστυχώς η εξάσκηση σε πραγματικές συνθήκες είναι χρονοβόρα, περιορισμένη από παράγοντες όπως ο καιρός, απαιτεί σημαντική προσπάθεια εκ μέρους των ανθρώπων που θα την αναλάβουν και ενδεχομένως κρύβει κινδύνους για τη σωματική ακεραιότητα των παιδιών. Για αυτούς τους λόγους, οι προσομοιώσεις με χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών, μπορούν να διαδραματίσουν ένα σημαντικό ενισχυτικό ρόλο στην εκπαίδευση οδικής ασφάλειας.

Εντούτοις, οι εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί μέχρι σήμερα, είναι κατά ένα μεγάλο μέρος αποσπασματικές και έχουν πειραματικό χαρακτήρα. Για να μεγιστοποιηθούν τα οφέλη που οι προσομοιώσεις μπορούν να προσφέρουν, απαιτείται η ανάπτυξη περιεκτικών, πολύπλευρων, επιστημονικά σχεδιασμένων εφαρμογών. Σε αυτή την περίπτωση, τέτοιου είδους εφαρμογές αποκτούν ιδιαίτερη σημασία επειδή επιτρέπουν την υλοποίηση και τον έλεγχο ενός ευρύτερου φάσματος δυναμικών γεγονότων από ότι η πρακτική εξάσκηση μπορεί να προσφέρει. Δίνεται έτσι η ευκαιρία να επεκταθεί η εκπαίδευση με ένα συστηματικό και ελεγχόμενο τρόπο, σε μια ευρεία γκάμα προβλημάτων κυκλοφορίας που τα παιδιά καλούνται να λύσουν.

Τα κυριότερα αντικείμενα που απασχόλησαν τις ερευνητικές προσπάθειες για Κυκλοφοριακή Αγωγή με τη χρήση πολυμέσων, αφορούσαν τέσσερις άξονες [3] [4]:

- Την ασφαλή εύρεση θέσεων-αντίληψη των κινδύνων που παρουσιάζονται από τη διαμόρφωση των δρόμων (τυφλά σημεία, διασταυρώσεις, σταθμευμένα αυτοκίνητα, κτλ) και τις ενέργειες που πρέπει να κάνει το παιδί ώστε να διασχίσει με ασφάλεια αυτά τα σημεία.
- Τις ενέργειες που πρέπει να κάνει το παιδί στο πεζοδρόμιο-συνειδητοποίηση των πιθανά και των πραγματικά κινούμενων οχημάτων και τις επιδράσεις τους στο πέρασμα του δρόμου.
- Τον συγχρονισμό - συντονισμό δραστηριοτήτων όπως το πέρασμα στην αντίθετη πλευρά του δρόμου σε σχέση με τα κινούμενα οχήματα.
- Την αντίληψη των παιδιών για τις προθέσεις των οδηγών-συνειδητοποίηση των συνθημάτων για τις μελλοντικές ενέργειες των οδηγών και την ανάγκη να ρυθμίσουν τις ενέργειες που αφορούν το πέρασμα στην αντίθετη πλευρά του δρόμου σε συνάρτηση με τις προθέσεις των οδηγών.

Τα αποτελέσματα των παραπάνω προσπαθειών είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικά. Παρατηρήθηκαν ουσιαστικές βελτιώσεις στη συμπεριφορά και την αντίληψη των παιδιών και στους τέσσερις άξονες που εξετάστηκαν, σε όλες τις ηλικιακές ομάδες (5-11 ετών). Πρέπει όμως να σταθούμε σε τρεις σημαντικές επισημάνσεις.

Από τα αποτελέσματα των ερευνών δεν φαίνεται να υπάρχουν στοιχεία ότι η κατάρτιση που βασίζεται στα πολυμέσα μπορεί να ενεργήσει ως πλήρες υποκατάστατο της πρακτικής εξάσκησης σε πραγματικές συνθήκες. Ειδικότερα, για τις πιο μικρές ηλικίες υπάρχουν ενδείξεις ότι απαιτείται ένας συνδυασμός των δύο μεθόδων, ώστε το παιδί να αντιληφθεί τη σχέση μεταξύ της προσομοίωσης στον υπολογιστή και της πρακτικής εξάσκησης, έτσι ώστε η προσομοίωση σε υπολογιστή να έχει τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα.

Παρά τις ουσιαστικές βελτιώσεις, η βασισμένη στα πολυμέσα κατάρτιση, δεν παρήγαγε αποτελέσματα που να μοιάζουν με τα επίπεδα ικανοτήτων των ενηλίκων. Είναι σημαντικό, επομένως, να θεωρείται ως ενίσχυση των παιδιών για να γίνουν αποτελεσματικότεροι, αλλά παρόλα αυτά αρχάριοι πεζοί, οι οποίοι πρέπει ακόμα να κρατηθούν κάτω από γονική επίβλεψη.

Τέλος, η επιτυχία της κατάρτισης που βασίζεται σε υπολογιστές, δεν είναι ανεξάρτητη από τις αλληλεπιδράσεις και τις σχέσεις μεταξύ ενήλικου-παιδιών. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε στις περισσότερες περιπτώσεις, ήταν έτσι σχεδιασμένο ώστε να επιτρέπει αυτές τις αλληλεπιδράσεις. Δεν συντρέχουν συνεπώς λόγοι ώστε να θεωρήσουμε αποτελεσματική τη χρήση παρόμοιου λογισμικού από παιδιά που εργάζονται μόνα τους.



Εικόνα 1. Εφαρμογή πολυμέσων Κυκλοφοριακής Αγωγής (British Department for Transport)

Συνοψίζοντας, οι προηγούμενες έρευνες που χρησιμοποίησαν ποικίλες τεχνικές προσομοίωσης (παιχνίδια σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές, βίντεο, computer animation και εφαρμογές πολυμέσων) και η βιβλιογραφική επισκόπηση δείχνουν ότι τα προγράμματα κατάρτισης που αξιοποίησαν τέτοια μέσα, οδήγησαν στη βελτίωση της κυκλοφοριακής συμπεριφοράς, κάτω από τις εξής συνθήκες [5] [6]:

- Όταν απαιτήσαν από τα παιδιά να κάνουν κρίσεις αντίστοιχες με εκείνες που γίνονται κάτω από πραγματικές συνθήκες.
- Όταν οι Νέες Τεχνολογίες χρησιμοποιήθηκαν επιλεκτικά, λαμβάνοντας υπόψη τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους ως εκπαιδευτικού εργαλείου.
- Όταν εξετάστηκαν οι ανάγκες εκείνων που τις χρησιμοποίησαν, δηλαδή των παιδιών. Η κατάρτιση και η παρεχόμενη υποστήριξη πρέπει να είναι ανάλογη με αυτές.

4. Η εικονική Πραγματικότητα

Τα πολυμέσα αποτελούν μια τεχνολογία η οποία έχει αξιοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό και σε διαφορετικές εκπαιδευτικές περιστάσεις. Σημαντικό πεδίο εξελίξεων αποτελεί μια νέα τεχνολογία που αναπτύσσεται με γρήγορους ρυθμούς και αφορά τα τρισδιάστατα γραφικά και την εικονική πραγματικότητα (Ε.Π.). Εφαρμογές της Ε.Π. υπάρχουν σε διάφορες μορφές τις τελευταίες δεκαετίες, καθιστώντας την ένα χρήσιμο περιβάλλον επαγγελματικής εκπαίδευσης ενηλίκων. Χρησιμοποιείται σε επαγγελματικά περιβάλλοντα όπου απαιτείται υψηλού επιπέδου εκπαίδευση, όπως στην πολεμική και πολιτική αεροπορία. Αντίστοιχες εφαρμογές αναπτύσσονται και χρησιμοποιούνται στην εκπαίδευση γιατρών, στρατιωτικών, μηχανικών, αλλά ακόμα και στα παιχνίδια.

Μπορούμε να ορίσουμε την Ε.Π. ως ένα υψηλής τεχνολογίας μέσο διασύνδεσης ανθρώπου-υπολογιστή που περιλαμβάνει τρισδιάστατη προσομοίωση πραγματικού χρόνου και αλληλεπιδράσεις μέσα από πολλαπλά αισθητηριακά κανάλια [7]. Αν μάλιστα αναφερθούμε στις νοητικές διεργασίες που συντελούνται σε ένα άτομο που ενεργεί μέσα σε ένα εικονικό περιβάλλον, μπορούμε να διευρύνουμε τον όρο εικονική πραγματικότητα λέγοντας ότι είναι “μια κατάσταση που δημιουργείται στο μυαλό και που μπορεί, με μεταβαλλόμενο ποσοστό επιτυχίας, να απασχολεί την προσοχή ενός ανθρώπου με τρόπο παρόμοιο με αυτόν στο πραγματικό περιβάλλον. Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται, συμβάλλουν στη δημιουργία αυτής της κατάστασης” [8].

Τα σημεία που πηγάζουν από τους παραπάνω ορισμούς και καθιστούν την Ε.Π. ένα σημαντικό εκπαιδευτικό εργαλείο είναι:

- Η δυνατότητα της εξερεύνησης του εικονικού κόσμου από το χρήστη.
- Η αλληλεπίδραση του χρήστη με τα αντικείμενα αυτού του κόσμου.
- Η μερική ή ολική εμβύθιση του χρήστη μέσα στο συνθετικό περιβάλλον.

Τα περιβάλλοντα Ε.Π., επιτρέπουν το χρήστη να:

- Μεταχειρίζεται και να αλληλεπιδρά με αντικείμενα όπως και στο φυσικό κόσμο, αλλά και να μπορεί να αλλάζει τα σχετικά τους μεγέθη, να εφαρμόζει ή να ανατρέπει τους φυσικούς νόμους.

- Ελέγχει το χρόνο. Μπορεί να μελετήσει μέσα σε λίγα λεπτά την εξέλιξη ενός φαινομένου, το οποίο στην πραγματικότητα απαιτεί εκατομμύρια χρόνια για να ολοκληρωθεί, αλλά και το αντίστροφο, να μελετήσει δηλαδή ένα φαινόμενο που στην πραγματικότητα συμβαίνει σε απειροελάχιστο χρόνο.
- Να δέχεται πληροφορίες που κάτω από άλλες συνθήκες δεν θα ήταν διαθέσιμες στις ανθρώπινες αισθήσεις.
- Απεικονίζει και να μεταχειρίζεται αντικείμενα και γεγονότα που δεν έχουν φυσική μορφή, όπως οι μαθηματικές εξισώσεις.
- Αλληλεπιδρά με άλλους χρήστες, παρόντες στον εικονικό κόσμο [9].

Οι κατηγορίες Ε.Π. που σχετίζονται με την εκπαίδευση είναι:

- Δικτυακή-βασισμένη σε κείμενο Εικονική Πραγματικότητα (MUD's -Multi-User Dungeons-, MOO's -MUD Object Oriented-): Είναι εικονικοί κόσμοι πραγματικού χρόνου που στηρίζονται στη χρήση κειμένου παρά γραφικών. Επιτρέπουν τη συμμετοχή μεγάλου αριθμού χρηστών και αρχικά αναπτύχθηκαν για παιχνίδια σε δίκτυα ευρείας περιοχής. Δημιουργούνται με τον τρόπο αυτό «κοινωνίες» παικτών, ο κάθε παίκτης αναλαμβάνει ένα «ρόλο» και αναπτύσσονται κώδικες κοινωνικής συμπεριφοράς, ενώ παράλληλα ενθαρρύνεται το γράψιμο και η ανάγνωση.
- Επιτραπέζια Ε.Π. (Desktop Virtual Reality): Θεωρείται σαν φυσική συνέχεια των εφαρμογών πολυμέσων. Το εικονικό περιβάλλον παρουσιάζεται σε ένα κοινό ηλεκτρονικό υπολογιστή. Είναι επίσης δυνατή και η τρισδιάστατη παρουσίαση του περιβάλλοντος με τη χρήση ειδικών στερεοσκοπικών γυαλιών. Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της μορφής εικονικής πραγματικότητας είναι το σχετικά μικρό και προσιτό κόστος. Η υψηλή ανάλυση των οθονών παρέχει καλή ποιότητα γραφικών, σε αντίθεση με την χαμηλότερη απόδοση των συστημάτων προβολής εικόνας που προσαρμόζονται στο κεφάλι (Head Mounted Displays, HMD's). Σε συνδυασμό με το Διαδίκτυο, προσθέτει τη δυνατότητα πρόσβασης σε δικτυακούς κόσμους όπως στην παραπάνω κατηγορία, που στηρίζονται όμως στη χρήση γραφικών.
- Ημι-εμβυθισμένη ή προβαλλόμενη εικονική πραγματικότητα (Semi-immersive/Projected Virtual Reality): Αυτή η κατηγορία χαρακτηρίζεται από ευρυγώνια (πάνω από 60°) προβολή εικόνας. Η προβολή γίνεται σε μία ή περισσότερες κυρτές οθόνες, όπως του κινηματογράφου. Αυτό δίνει στους συμμετέχοντες μια αίσθηση εμβύθισης. Επίσης υπάρχει ομαδική συμμετοχή, πράγμα σημαντικό για την εκπαιδευτική διαδικασία.
- Πλήρως-εμβυθισμένη εικονική πραγματικότητα (Fully-immersive Virtual Reality): Ο χρήστης απομονώνεται από το φυσικό περιβάλλον και «ζει» μόνο μέσα στο εικονικό. Όλες του οι κινήσεις λαμβάνουν χώρα μέσα σ' αυτό και από αυτό αντλεί οπτικοακουστικά ερεθίσματα. Είναι απαραίτητο η προβολή εικόνας να γίνεται σε όλο το οπτικό πεδίο του χρήστη ώστε να έχει μπροστά του μόνο το εικονικό περιβάλλον. Συνήθως χρησιμοποιείται HMD. Με άλλες συσκευές, γίνεται αντίχνευση της θέσης, των ενεργειών και των κινήσεων του χρήστη (συσκευές εντοπισμού θέσης). Ο χρήστης μπορεί να αλληλεπιδρά με αντικείμενα του κόσμου όπως και στην πραγματικότητα με ειδικά γάντια (datagloves). Έτσι, ο βαθμός αλληλεπίδρασης με το εικονικό περιβάλλον είναι σημαντικό.
- Μεικτή πραγματικότητα (Augmented Reality): Είναι η ανάμειξη της Ε.Π. με την πραγματικότητα. Ο χρήστης βρίσκεται σε έναν εικονικό κόσμο, στο οποίο όμως προβάλλονται πραγματικά αντικείμενα τα οποία μπορεί να χειριστεί ακόμα και αν βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση ή σε εξαιρετικά επικίνδυνα φυσικά περιβάλλοντα για παράδειγμα συσκευές ελέγχου στην καρδιά ενός πυρηνικού αντιδραστήρα ή στο διάστημα.

5. Η Εικονική Πραγματικότητα στην Κυκλοφοριακή Αγωγή

Υπήρξε μία χρονική στιγμή κατά την οποία φάνηκε ότι ήταν εύκολο εφαρμογές της Ε.Π. να περάσουν και στην εκπαίδευση ανηλίκων, να χρησιμοποιηθούν δηλαδή για τη διδασκαλία σε μαθητές του δημοτικού σχολείου και του γυμνασίου. Κάτι τέτοιο όμως δεν συνέβη. Αιτία δεν ήταν η αποτυχία των εφαρμογών να πετύχουν ικανοποιητικά μαθησιακά αποτελέσματα, αλλά η διάψευση των προσδοκιών ότι ο απαραίτητος τεχνολογικός εξοπλισμός θα ήταν σύντομα προσιτός, από οικονομική άποψη, στο μέσο χρήστη. Η κατάσταση αυτή άλλαξε τα τελευταία δύο χρόνια με αποτέλεσμα να αναζωπυρωθεί το ενδιαφέρον για την Ε.Π. Για να αντιληφθούμε το ρόλο που η Ε.Π. μπορεί να παίξει στην εκπαίδευση και κατ' επέκταση στην Κυκλοφοριακή Αγωγή, θα πρέπει να αναφερθούμε σε ορισμένα θεωρητικά και τεχνικά θέματα.

5.1 Θεωρητικά θέματα

Σε θεωρητικό επίπεδο και αναλύοντας τους τρόπους με τους οποίους αντιλαμβανόμαστε τον κόσμο που μας περιβάλλει, μπορούμε να αναφέρουμε ότι αυτό συμβαίνει με δύο τρόπους, από εμπειρίες

πρώτου προσώπου και από εμπειρίες τρίτου προσώπου. Οι πρώτες προέρχονται από την καθημερινή επαφή με τον κόσμο που μας περιβάλλει, είναι άμεσες, προσωπικές, υποκειμενικές, κατά κάποιο τρόπο «αθόρυβες» γιατί δεν γνωρίζουμε ότι μάθαμε κάτι και δεν απαιτούν την ύπαρξη συμβόλων. Οι δεύτερες προέρχονται από την περιγραφή κάποιου άλλου, είναι έμμεσες, κοινόχρηστες, ρητές και πάντα γνωρίζουμε ότι μάθαμε κάτι γιατί μας το διδασαν. Για να γίνει εφικτή η επικοινωνία μεταξύ αυτού που εξηγεί και αυτού που μαθαίνει, είναι απαραίτητη η ύπαρξη συμβόλων, όπως η γλώσσα, τα γράμματα και οι αριθμοί.

Οι εμπειρίες πρώτου προσώπου δεν απαιτούν ιδιαίτερη και εσκεμμένη σκέψη από το άτομο. Στην πραγματικότητα, οι περισσότερες ενέργειες στην καθημερινή μας ζωή γίνονται έτσι. Δεν σχεδιάζουμε εκ των προτέρων πώς θα πλυθούμε, πώς θα ντυθούμε, πώς θα φάμε, πώς θα κοιμηθούμε. Απλά το κάνουμε. Η δράση πηγάζει άμεσα από την αντίληψη που έχουμε για τον κόσμο, χωρίς την παρεμβολή έντονης συνειδητής σκέψης. Η σκέψη παρεμβάλλεται στη δράση όταν αντιμετωπίζουμε ένα δίλημμα ή όταν κάτι πάει λάθος ή όταν χρειάζεται η προσοχή μας για να αντιμετωπίσουμε μια κατάσταση.

Οι παραδοσιακές μορφές διδασκαλίας και τα πολυμέσα, στηρίζονται σε εμπειρίες τρίτου προσώπου. Ειδικότερα, οι εφαρμογές πολυμέσων, προσφέρουν αυτού του είδους τις εμπειρίες για τους εξής λόγους:

- Ο υπολογιστής παρεμβάλλεται μεταξύ του ατόμου και των πληροφοριών που περιέχει.
- Οι πληροφορίες αυτές προέρχονται από κάποιον τρίτο.
- Οι πληροφορίες δεν είναι άμεσα διαθέσιμες, αλλά μέσω του περιβάλλοντος διεπαφής (interface), του ποντικιού, του πληκτρολογίου, που όλα χρησιμοποιούν συστήματα συμβόλων.
- Τα σύμβολα αυτά απαιτούν κάποια σκέψη από το χρήστη ώστε να μπορεί να τα χρησιμοποιεί αποτελεσματικά.

Αν όμως θέλουμε να έχουμε εμπειρίες πρώτου προσώπου με τη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών, πρέπει να ικανοποιούνται δύο συνθήκες:

1. Πρέπει να απουσιάζει το περιβάλλον διεπαφής υπολογιστή-μαθητή, κατά κάποιο τρόπο ο ηλεκτρονικός υπολογιστής πρέπει να είναι αόρατος. Αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης-μαθητής θα πρέπει να χρησιμοποιεί για την επικοινωνία του με τον υπολογιστή όχι τις παραδοσιακές συσκευές (ποντίκι, πληκτρολόγιο, οθόνη), αλλά άλλες που να μην χρησιμοποιούν σύμβολα.
2. Στις εφαρμογές, η αλληλεπίδραση δεν πρέπει να είναι προσχεδιασμένη, αλλά πρέπει να είναι δυνατή κάθε είδους αλληλεπίδραση. Χρειαζόμαστε άδεια κελύφη, μέσα στα οποία οι μαθητές, οι δάσκαλοι και οι σχεδιαστές μπορούν να κατασκευάσουν οτιδήποτε θέλουν.

Τα πλέον αποτελεσματικά περιβάλλοντα μάθησης είναι αυτά που επιτρέπουν απεριόριστο αριθμό και είδος αλληλεπιδράσεων, αυτά που επιτρέπουν εμπειρίες πρώτου και τρίτου προσώπου και αυτά που επιτρέπουν την παρουσία ή την απουσία συμβόλων. Όμως τέτοιας πολυπλοκότητας περιβάλλον συναντάμε μόνο στον πραγματικό κόσμο. Έτσι, ή θα πρέπει να μετατρέψουμε σε χώρο εκπαίδευσης τους δρόμους ή θα πρέπει να βρούμε ένα τρόπο να τους μεταφέρουμε μέσα στο σχολείο. Αυτό ακριβώς καλείται να επιτύχει η Ε.Π.

Η Ε.Π., παρότι χρησιμοποιεί υπολογιστές, εντούτοις δεν χρησιμοποιεί ένα περιβάλλον διεπαφής που παρεμβάλλεται μεταξύ του χρήστη και του υπολογιστή. Αυτό σημαίνει ότι δεν χρησιμοποιεί κάποιο σύστημα συμβόλων, αλλά επιδιώκει, με τη χρήση ειδικών συσκευών, να προσομοιάσει τις κινήσεις και τις ενέργειες που κάνουμε στον πραγματικό κόσμο. Βάζοντας το χρήστη μέσα σε ένα χωρίς περιορισμούς συνθετικό οδικό περιβάλλον, τον αφήνει ελεύθερο να επιλέξει τη δική του διαδρομή, να εξερευνησει ελεύθερα οτιδήποτε, όποτε και με όποιο τρόπο θέλει. Έτσι ο χρήστης αποκτά εμπειρίες πρώτου προσώπου και δημιουργεί τις δικές του αναπαραστάσεις για το συνθετικό κόσμο που τον περιβάλλει.

Ένα από τα σημαντικά χαρακτηριστικά ενός περιβάλλοντος εικονικής πραγματικότητας, είναι η υποστήριξη συνύπαρξης σε αυτό περισσότερων του ενός χρηστών. Η συνύπαρξη δεν περιορίζεται στην ταυτόχρονη αλλά ξεχωριστή εξερεύνηση του συνθετικού περιβάλλοντος. Επεκτείνεται στη δυνατότητα οι χρήστες να συνομιλούν μεταξύ τους, να συνεργάζονται και να καθοδηγούν ο ένας τον άλλο. Δίνεται η δυνατότητα να αναπτυχθούν συνεργασίες, διάλογος και σχέσεις παρόμοιες με αυτές του πραγματικού κόσμου.

Ο ρόλος της εμπύθισης αποτελεί σημείο τριβής μεταξύ των ειδικών που ασχολούνται με την Ε.Π. Αναφέραμε ότι με τον όρο εμπύθιση εννοούμε το φαινόμενο κατά το οποίο οι αισθήσεις του χρήστη εξασθενούν σε τέτοιο βαθμό, ώστε πιστεύει ότι βρίσκεται πραγματικά μέσα στον εικονικό κόσμο. Πρέπει να επισημάνουμε ότι δεν είναι δυνατή, ακόμα, η εμπλοκή και των πέντε αισθήσεων (εξαιρου-

νται η γεύση και η όσφρηση, αν και ήδη γίνονται δοκιμές συσκευών που απευθύνονται σε αυτές τις αισθήσεις) σε ένα εικονικό περιβάλλον. Για το λόγο αυτό δεν υπάρχει απόλυτη εμπύθιση. Παρόλα αυτά επειδή η όραση και η ακοή είναι οι πιο σημαντικές μας αισθήσεις, με κατάλληλες συσκευές, μπορούμε και τις ξεγελάμε με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται ένα υψηλός βαθμός εμπύθισης.

Τα πειραματικά δεδομένα οδηγούν σε αντιφατικά συμπεράσματα αναφορικά με τη σημασία του βαθμού εμπύθισης στην επίτευξη συγκεκριμένων εκπαιδευτικών στόχων [10] [11]. Αυτό αφήνει τα περιθώρια για την υπόθεση ότι η αυξημένη αλληλεπίδραση με το εικονικό περιβάλλον έχει μεγαλύτερη σημασία, ή ότι ο συνδυασμός των δύο παραγόντων προσδίδουν την ιδιαίτερη αξία της εικονικής πραγματικότητας και την ιδιαίτερη θέση της ως παιδαγωγικού εργαλείου. Σε κάθε περίπτωση αυτό που είναι δεδομένο, είναι ότι μια εφαρμογή δεν χρειάζεται να τροποποιηθεί σημαντικά για να αλλάξει το είδος εμπύθισης στο οποίο ανήκει. Αυτό που μεταβάλλεται είναι οι συσκευές που χρησιμοποιούνται.

5.2 Τεχνικά θέματα

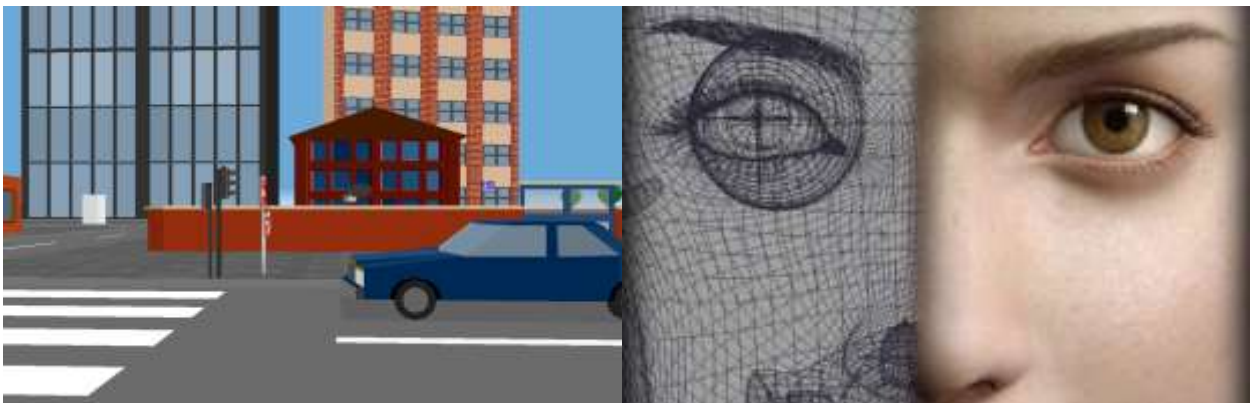
Οι εφαρμογές Ε.Π. είναι ιδιαίτερα απαιτητικές από το υλικό του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Για να υλοποιηθούν χρειάζεται σύγχρονος εξοπλισμός και περίπλοκες περιφερειακές συσκευές. Εξετάζοντας τις τεχνολογικές εξελίξεις, και χωρίς να αναφερθούμε σε ειδικές τεχνικές λεπτομέρειες, τέσσερα είναι τα στοιχεία των ηλεκτρονικών υπολογιστών που μας ενδιαφέρουν,

- α) η ταχύτητα επεξεργασίας,
- β) η μνήμη και ο αποθηκευτικός χώρος,
- γ) τα γραφικά, η ποιότητα και η ταχύτητα της απεικόνισής τους και
- δ) το κόστος.

Σήμερα πλέον διαθέτουμε ικανοποιητική επεξεργαστική ισχύ, πέρα από αρκετό αποθηκευτικό χώρο και όλα σε προσιτό για το μέσο χρήστη κόστος.

Εκεί που υπήρχε μια σχετική υστέρηση ήταν στον τομέα των τρισδιάστατων γραφικών. Η ρεαλιστική απεικόνιση ενός περιβάλλοντος απαιτεί μεγάλη επεξεργαστική ισχύ από τις κάρτες γραφικών. Λέγοντας ρεαλιστική απεικόνιση εννοούμε α) τη δυνατότητα να υπολογίζονται σε πραγματικό χρόνο οι σκιάς και οι φωτισμοί, β) η κίνηση να υπερβαίνει συνεχώς τα 25 καρέ το δευτερόλεπτο και γ) να υπάρχει η δυνατότητα να κινούνται ταυτόχρονα εκατοντάδες εκατομμύρια πολύγωνα το δευτερόλεπτο.

Τα πολυμέσα εκμεταλλεύτηκαν τα γραφικά δύο διαστάσεων, εξαιτίας των περιορισμένων δυνατοτήτων των καρτών γραφικών και της σχετικά μικρής υπολογιστικής ισχύος. Στους υπολογιστές της τελευταίας πενταετίας, τα τρισδιάστατα γραφικά κέρδισαν σημαντικό έδαφος. Σημαντική ώθηση σε αυτό έδωσε η βιομηχανία των παιχνιδιών για υπολογιστές, παρουσιάζοντας ένα σημαντικό αριθμό τρισδιάστατων παιχνιδιών βολών πρώτου προσώπου (first person shoot them up's). Παράλληλα, την τελευταία τριετία, εμφανίστηκε η πιο πρόσφατη γενιά καρτών γραφικών, η οποία αύξησε κατακόρυφα τις δυνατότητες απεικόνισης, φωτισμού και κίνησης γραφικών σε τρεις διαστάσεις. Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι το σύνολο σχεδόν των εφαρμογών να χρησιμοποιεί πλέον τρισδιάστατα γραφικά.



Εικόνα 2. Σύγκριση παλαιότερης και νεότερης εφαρμογής Ε.Π.

Η εξερεύνηση και η αλληλεπίδραση χρειάζεται να αναλυθούν από τεχνικής απόψεως. Αντίθετα με τον πραγματικό κόσμο, ένας «κόσμος» που στηρίζεται σε τρισδιάστατα γραφικά, δεν είναι πάντα πλήρως εξερευνησίμος και πλήρως αλληλεπιδραστικός. Ας δούμε ένα παράδειγμα. Σε μια πόλη, στον πραγματικό κόσμο, μπορούμε να επισκεφτούμε όλες τις οικοδομές, τους δρόμους, τα μαγαζιά και γενικά τις

περιοχές της και αυτό συνιστά την έννοια της εξερεύνησης. Η έννοια της αλληλεπίδρασης είναι ότι μπορούμε να αγγίξουμε, να μετακινήσουμε και να περιεργαστούμε όλα τα αντικείμενα που περιέχονται σε αυτή την πόλη. Σε έναν τρισδιάστατο «κόσμο» κάποιες οικοδομές, δρόμοι ή και περιοχές ακόμα, δεν είναι προσιτές στο χρήστη. Επίσης δεν μπορεί να αλληλεπιδράσει με όλα τα αντικείμενα, παρά μόνο με αυτά που ο σχεδιαστής του «κόσμου» έχει δώσει αυτή τη δυνατότητα.

Αυτοί οι περιορισμοί, που δεν είναι αξεπέραστοι, υπάρχουν για δύο λόγους. Ο εξαιρετικά μεγάλος αριθμός πολυγώνων θα ξεπερνούσε τις δυνατότητες της κάρτας γραφικών. Έτσι πολλές φορές ο αρχικός κόσμος κομματιάζεται σε μικρότερους. Στο παράδειγμά μας, περιοχές της πόλης μπορούν να αποτελέσουν και ένα ξεχωριστό υποσύνολο του αρχικού κόσμου. Όταν ο χρήστης επισκέπτεται μια συγκεκριμένη περιοχή, οι υπόλοιπες δεν είναι απαραίτητο να είναι σχεδιασμένες. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι για την κατασκευή ενός «κόσμου» απαιτείται εξαιρετικά επίπονη και χρονοβόρα εργασία.

Όμως η σημαντική μείωση του κόστους του εξοπλισμού και παράλληλα η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας, μας επιτρέπουν πλέον να αναπαράσκησουμε, με αρκετή ακρίβεια, τόσο τον πραγματικό κόσμο, όσο και υποθετικές καταστάσεις. Έτσι είναι δυνατή η υλοποίηση περίπλοκων και ρεαλιστικών συνθετικών περιβαλλόντων που θα χρησιμοποιηθούν στην Κυκλοφοριακή Αγωγή.

6. Τα επόμενα βήματα

Με βάση όσα αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, θεωρούμε ότι οι εφαρμογές πολυμέσων είναι πιο κοντά στις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας, είναι πιο εύκολα υλοποιήσιμες και εφαρμόσιμες στο σχολικό περιβάλλον. Από την άλλη όμως πλευρά, η Ε.Π. σε σύγκριση με τα πολυμέσα, είναι αποτελεσματικότερο παιδαγωγικό εργαλείο και γίνεται όλο και πιο προσιτή χάρη στις πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις και τη σταδιακή μείωση του κόστους (πίνακας 2). Για το λόγο αυτό, το τελευταίο διάστημα, στα Παιδαγωγικά Τμήματα του Πανεπιστημίου Αιγαίου, η Ε.Π. αποτελεί αντικείμενο ερευνητικής προσπάθειας.

	Πολυμέσα	Εικονική Πραγματικότητα
Ρεαλιστική απεικόνιση περιβάλλοντος	μικρή	μεγάλη
Εμβύθιση	πολύ μικρή	μικρή-πλήρης
Αλληλεπιδράσεις	περιορισμένες	δυναμικά απεριόριστες
Εξερεύνηση	περιορισμένη	δυναμικά απεριόριστη
Συνεργασία πολλών χρηστών	ναι	ναι
Εμπειρίες πρώτου προσώπου	όχι	ναι
Εμπειρίες τρίτου προσώπου	ναι	ναι/όχι κατ' επιλογή
Χρήση συμβόλων	ναι	όχι
Χρόνος ανάπτυξης εφαρμογής	μικρός	μεγάλος
Κόστος εξοπλισμού-λογισμικού	χαμηλό	υψηλό

Πίνακας 2. Σύγκριση πολυμέσων και Εικονικής Πραγματικότητας

Επιλέξαμε την Κυκλοφοριακή Αγωγή ως πεδίο έρευνας και συνακόλουθα ανάπτυξης ολοκληρωμένης εφαρμογής Ε.Π. για τους εξής λόγους:

- Υπάρχει μόνιμο και μεγάλο πρόβλημα κυκλοφοριακής κουλτούρας στην Ελληνική πραγματικότητα.
- Έχει άμεση επίπτωση στην καθημερινή ζωή των μαθητών.
- Υπάρχει αναγκαιότητα εκσυγχρονισμού του θεσμικού πλαισίου, επαναπροσδιορισμού των στόχων του μαθήματος και του τρόπου διδασκαλίας του.
- Παρέχει τη δυνατότητα υλοποίησης πολλαπλών σεναρίων.
- Παρέχει τη δυνατότητα ελέγχου και αξιολόγησης πολλαπλών μεταβλητών που αφορούν την αποτελεσματικότητα της Ε.Π. γενικά ως διδακτικού εργαλείου και ειδικά ως εργαλείου διδασκαλίας της Κυκλοφοριακής Αγωγής.
- Μπορεί να υλοποιηθεί με διάφορες μορφές Ε.Π.
- Δεν έχει επιχειρηθεί η υλοποίηση παρόμοιας εφαρμογής, θέτει τη χώρα επικεφαλής των εξελίξεων στον τομέα αυτό.

Στόχοι της ερευνητικής προσπάθειας είναι:

- Ο έλεγχος των παραμέτρων που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της Ε.Π.
- Ο έλεγχος των παραμέτρων που επηρεάζουν τη κυκλοφοριακή συμπεριφορά των παιδιών.

- Η σύγκριση της αποτελεσματικότητας τη Ε.Π. σε σύγκριση με τα πολυμέσα και τις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας.
- Να παρέχει ένα ολοκληρωμένο εκπαιδευτικό πακέτο Κυκλοφοριακής Αγωγής.

Υλοποιούμε μια εικονική πόλη που περιλαμβάνει τις περισσότερες καταστάσεις που μπορεί να συναντήσει ένας πεζός. Σύντομα ολοκληρώνεται η φάση κατασκευής του περιβάλλοντος το οποίο στη συνέχεια, θα δοθεί για πειραματική εφαρμογή σε επιλεγμένες σχολικές τάξεις με σκοπό την αξιολόγηση, την ανατροφοδότηση και τη βελτίωσή της.

Βιβλιογραφία

- [1] Υπουργείο Δημόσιας Τάξης, www.ydt.gr/index14.htm
- [2] Department for Transport (2002), "On the Safe Side Local Responsibilities on Road Safety Education in Schools, Road Safety education in primary schools", www.roads.dft.gov.uk/roadsafety/safeside/index.htm
- [3] Department for Transport (2002), "Road Safety Research Compendium 2001 2002", www.roads.dft.gov.uk/roadsafety/compend02/index.htm
- [4] Department of the Environment, Transport and the Regions (1999), "Road Safety and Child Development Research: A Summary Analysis", www.roads.dft.gov.uk/roadsafety/rscdr/no5/index.htm
- [5] Department for Transport (2002), "Development and evaluation of a computer-based pedestrian training resource for children aged 5 to 11 years", www.roads.dft.gov.uk/roadsafety/research27/index.htm
- [6] The Scottish Executive, Central Research Unit, Development Department Research Programme Research Findings No. 79, "The Role of Information and Communications Technology in Road Safety Education", www.scotland.gov.uk/cru/
- [7] Τσολακίδης Κ., Φωκίδης Μ (2003), "Η Εικονική Πραγματικότητα στην Εκπαίδευση: Ένας πρώτος προβληματισμός", υπό δημοσίευση, Σύγχρονη Εκπαίδευση
- [8] Macpherson C., Keppell M., 1998, "Virtual reality: What is the state of play in education?", Australian Journal of Educational Technology, 14(1), 60-74
- [9] Kalawsky R.S., 1996, "Exploiting Virtual Reality Techniques in Education and Training: Technological Issues", AGOCR report, <http://www.agocg.ac.uk/reports/virtual/vrtech/>
- [10] Winn, W. (1993), "A Conceptual Basis for Educational Applications of Virtual Reality", Human Interface Technology Laboratory, Report No. TR-93-9
- [11] Byrne, C. (1996), "Water on Tap: The Use of Virtual Reality as an Educational Tool", PhD thesis, Department of Industrial Engineering, University of Washington, www.hitl.washington.edu/publications/dissertations/