

ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ. ΚΡΙΤΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ

Ευγενία Νικολού, Υποψ. Διδάκτωρ, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Σχολή Επιστημών Αγωγής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 45110 – Ιωάννινα, me00010@cc.uoi.gr¹
Παναγιώτης Τσάκαλης, Υποψ. Διδάκτωρ, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Σχολή Επιστημών Αγωγής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 45110 – Ιωάννινα, me00050@cc.uoi.gr
Αλκιβιάδης Γιούνης, Υποψ. Διδάκτωρ, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Σχολή Επιστημών Αγωγής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 45110 – Ιωάννινα, me00014@cc.uoi.gr
Ιωάννα Μπέλλου, Υποψ. Διδάκτωρ, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος, me00243@cc.uoi.gr
Τάσος Μικρόπουλος, Επίκουρος Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Σχολή Επιστημών Αγωγής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 45110 – Ιωάννινα, amikrop@cc.uoi.gr

Λέξεις Κλειδιά: εικονική πραγματικότητα, εκπαιδευτικά εικονικά περιβάλλοντα, κριτική θεώρηση, φυσικές επιστήμες.

Θέμα: Πληροφορική στην Εκπαίδευση. Εκπαιδευτικές εφαρμογές της εικονικής πραγματικότητας.

Επίπεδο εκπαίδευσης: Δημοτικό, Γυμνάσιο, Λύκειο, Τριτοβάθμια.

Κατηγορία εργασίας: Ανίχνευσης (interpretative).

Περίληψη

Σε διεθνές επίπεδο είναι έντονο το ενδιαφέρον των ερευνητών για διερεύνηση των δυνατοτήτων της χρήσης της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών υπολογιστών και ιδιαίτερα της εικονικής πραγματικότητας στην εκπαίδευση. Η παρούσα εργασία καταγράφει και μελετά προσπάθειες που εστιάζουν το ενδιαφέρον τους στην τεχνολογία της εικονικής πραγματικότητας και του ρόλου που μπορεί να παίξει στην εκπαιδευτική διαδικασία. Αν και η βιβλιογραφική έρευνα δείχνει ότι καλύπτεται ένα ευρύ πεδίο γνωστικών αντικειμένων, η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στις εφαρμογές που αφορούν στο χώρο των φυσικών επιστημών.

Η επιλογή των εφαρμογών έγινε με κριτήρια τα βασικά χαρακτηριστικά της εικονικής πραγματικότητας και εμπειρικές μελέτες χρηστών και εκπαιδευτικών αυτών των εφαρμογών.

Τα εγγενή χαρακτηριστικά της εικονικής πραγματικότητας όπως η ελεύθερη πλοήγηση, η αλληλεπίδραση και η πρώτου προσώπου οπτική γωνία, οι δυνατότητες οπτικοποίησης και προσομοίωσης αφηρημένων εννοιών, προσφέρουν εμπειρίες και βοηθούν στη δόμηση νοητικών μοντέλων και αποτελούν την αφετηρία της κριτικής θεώρησης που παρουσιάζουμε.

Τα χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών εικονικών περιβαλλόντων που μελετώνται συνοψίζονται στην ελεύθερη πλοήγηση και την ισχυρή αλληλεπίδραση. Η γενική θεωρητική προσέγγιση είναι αυτή της εποικοδομητικής μάθησης.

Τέλος, βασιζόμενοι στη διεθνή και τη δική μας ερευνητική εμπειρία ως προς τα παιδαγωγικά και τεχνολογικά χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών εικονικών περιβαλλόντων, προτείνουμε κατευθύνσεις για τη σχεδίαση και ανάπτυξη εκπαιδευτικών εικονικών περιβαλλόντων. Συνιστούμε έντονα αλληλεπιδραστικά περιβάλλοντα που παρέχουν στο χρήστη τη δυνατότητα χειρισμού των εικονικών αντικειμένων και παραμετροποίησης του ίδιου του περιβάλλοντος. Ως σύστημα ολοκλήρωσης των εκπαιδευτικών εικονικών περιβαλλόντων προτείνεται η επιτραπέζια εικονική πραγματικότητα, που χαρακτηρίζεται από μικρό κόστος και τη δυνατότητα άμεσης εφαρμογής στη τάξη.

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια σε παγκόσμιο επίπεδο, έχουν καταγραφεί ερευνητικές και μη, προσπάθειες για την διερεύνηση των δυνατοτήτων της χρήσης της Εικονικής Πραγματικότητας στην εκπαιδευτική διαδικασία [1]. Τα εγγενή χαρακτηριστικά της εικονικής πραγματικότητας, όπως η ελεύθερη πλοήγηση και η αλληλεπίδραση, οι δυνατότητες οπτικοποίησης και προσομοίωσης αφηρημένων εννοιών ή αδύνατων σε πρόσβαση χώρων, δίνουν ευκαιρίες για εμπλουτισμό εμπειριών και βοηθούν στη δόμηση νοητικών μοντέλων.

Το παρόν άρθρο προτείνει γενικές κατευθύνσεις για τη σχεδίαση και ανάπτυξη εκπαιδευτικών εικονικών περιβαλλόντων, όπως προκύπτουν από τη διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία. Αν και η χρήση της εικονικής πραγματικότητας καλύπτει ένα ευρύ πεδίο γνωστικών αντικειμένων, η παρούσα εργασία εστιάζει το ενδιαφέρον της στο χώρο των φυσικών επιστημών (Φυσική, Χημεία, Βιολογία, Γεωγραφία, Περιβάλλον).

Η επιλογή των εφαρμογών έγινε με κριτήρια τα βασικά χαρακτηριστικά της εικονικής πραγματικότητας και εμπειρικές μελέτες χρηστών και εκπαιδευτικών, αυτών των εφαρμογών.

Το ενδιαφέρον μας επικεντρώνεται στα παιδαγωγικά και τεχνολογικά χαρακτηριστικά των 14 εφαρμογών που παρουσιάζουμε. Οι 13 εφαρμογές είναι προσπάθειες που έχουν εκπονηθεί σε πανεπιστημιακά ιδρύματα της Ελλάδας και του εξωτερικού και μόνο μία έχει αναπτυχθεί από ένα μουσείο, το Boston Computer Museum. Στην πλειοψηφία

¹ Διεύθυνση επικοινωνίας.

τους οι εφαρμογές είναι προκατασκευασμένες και δίνονται έτοιμες στους μαθητές για εξερεύνηση και αλληλεπίδραση. Μεταξύ των εφαρμογών υπάρχει μία ως παράδειγμα-εκπρόσωπος εφαρμογών που έχουν αναπτυχθεί από μαθητές σε συνεργασία με τους ερευνητές.

Abstract

International research shows a great interest on the study of computer technology and especially virtual reality's potential use in education. This article lists and reviews efforts made on the topic of virtual reality's use as a teaching tool. There are many subjects covered by virtual educational environments but we focus our study on virtual environments for science education.

Our criteria for the virtual environments' selection were the existence of the main characteristics of virtual reality's technology as well as the existence of evaluation studies.

Virtual reality's characteristics, such as the free navigation through the environment, the interaction, the first person viewpoint and the ability to visualize abstract ideas, enrich children's experiences, help them build mental models and constitute the starting point of our review.

The characteristics of the virtual environments studied are, free navigation and strong interaction and the theoretical approach is that of constructivism.

Based upon the worldwide research experience and focusing on the environments' pedagogical and technological characteristics, we suggest general guidelines for the design and development of educational virtual reality environments.

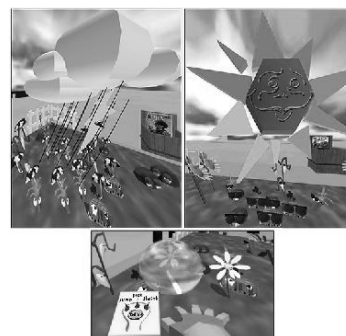
We recommend virtual environments that are highly interactive, give the user the ability to manipulate the virtual objects, change their parameters, and configure the environments. We also, believe that desktop virtual reality systems, are suitable for today's classroom.

Εκπαιδευτικά εικονικά περιβάλλοντα

NICE Project [2, 3, 4]

Στο Πανεπιστήμιο του Illinois αναπτύχθηκε το **NICE Project** (Narrative-based, Immersive, Constructionist / Collaborative Environments).

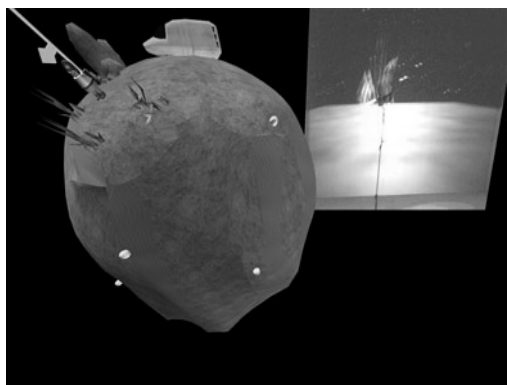
Η εφαρμογή απευθύνεται σε παιδιά 6-10 ετών και προσφέρει ένα εικονικό περιβάλλον όπου τα παιδιά ομαδικά εξερευνούν ένα νησί, κατασκευάζουν οικοσυστήματα αποφασίζοντας που και τι φυτά θα φυτέψουν και τα φροντίζουν καθώς αυτά αναπτύσσονται. Έχουν να επιλέξουν μέσα από μια ποικιλία εδαφών, υψομέτρων και καιρικών συνθηκών. Ο κόσμος αναπτύσσεται και χωρίς τη συνεχή επέμβαση και αλληλεπίδραση με τα παιδιά. Επίσης είναι δυνατός ο έλεγχος της ροής του χρόνου. Οι ενέργειες των παιδιών καταγράφονται με μορφή ιστορίας με εικόνες και δίνονται στα παιδιά.



ROUND EARTH [5, 6]

Στο Πανεπιστήμιο του Illinois αναπτύχθηκε επίσης, το **Round Earth Project**, που απευθύνεται σε παιδιά δημοτικού σχολείου και πραγματεύεται το θέμα της σφαιρικότητας της γης.

Υπάρχουν δύο εικονικοί κόσμοι, ο κόσμος του αστεροειδή και ο κόσμος της γης. Δυο χρήστες ταυτόχρονα δουλεύουν στον κάθε κόσμο. Ο ένας είναι ο αστροναύτης που μαζεύει αντικείμενα και ο δεύτερος, ο ελεγκτής που κατευθύνει τον αστροναύτη. Ο αστροναύτης περπατά στην επιφάνεια του αστεροειδή ή ίπταται πάνω από τη γη. Ο ελεγκτής βλέπει ό,τι και ο αστροναύτης αλλά έχει και μια οπτική της γης ή του αστεροειδή από κάπου στο διάστημα. Οι ρόλοι των δύο χρηστών εναλλάσσονται.

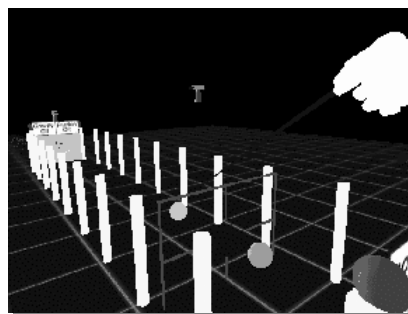


SCIENCE SPACE [7, 8]

To George Mason University, το Πανεπιστήμιο του

Houston και η NASA, ανέπτυξαν το **Science Space Project**, το οποίο απευθύνεται σε μαθητές Γυμνασίου και Λυκείου.

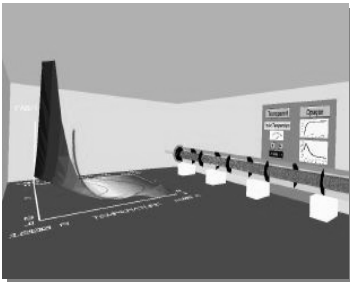
Αποτελείται από 3 εικονικά περιβάλλοντα. Ο Newton World πραγματεύεται τους νόμους του Νεύτωνα. Σε μια περιοχή δραστηριοτήτων, δύο μπάλες διαφορετικών μαζών κινούνται και συγκρούονται από τους χρήστες. Σύμβολα δείχνουν την παρουσία ή όχι της τριβής και της βαρύτητας, οπτικά και ακουστικά ερεθίσματα βοηθούν στην αντίληψη διαφόρων παραμέτρων.



Ο Maxwell World ασχολείται με θέματα ηλεκτροστατικής και τέλος ο Pauling World ασχολείται με το θέμα αναπαράστασης μοριακών δομών.

VICHER [9, 10]

Στο Πανεπιστήμιο του Michigan έχει αναπτυχθεί το **VICHER**, το οποίο απευθύνεται σε προπτυχιακούς φοιτητές και πραγματεύεται τη μηχανική χημικών αντιδράσεων.

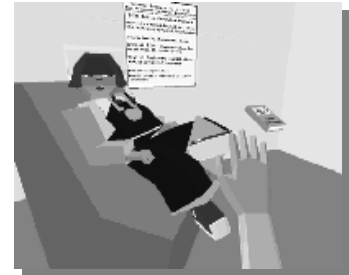


Αναπαριστά ένα εικονικό χημικό εργοστάσιο, όπου στην αρχική αίθουσα ο χρήστης παίρνει πληροφορίες για τη χρήση του προγράμματος, στο δωμάτιο του ατομικού αντιδραστήρα ελέγχει και παρατηρεί τη λειτουργία του, ενώ έχει τη δυνατότητα να εισέλθει στη μικροσκοπική δομή καταλυτών. Επίσης υπάρχει το δωμάτιο του μη ισοθερμικού αντιδραστήρα, όπου υπάρχει μια τρισδιάστατη μαθηματική επιφάνεια στην οποία χρώματα αντιπροσωπεύουν τη θερμοκρασία. Σε ένα τελευταίο δωμάτιο ελέγχεται η κατανόηση των θεμάτων που αναπτύχθηκαν.

CELL BIOLOGY [11]

Στο μουσείο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών της Βοστώνης, αναπτύχθηκε το **Cell biology**, με στόχο να γνωρίσει το κοινό τη δομή και λειτουργία των μυϊκών, νευρικών και εντερικών κυττάρων.

Ένα παιδάκι για να γίνει καλά χρειάζεται μυϊκά κύτταρα για να κινείται, νευρικά για να σκέφτεται και εντερικά για να μετατρέπει το φαγητό σε ενέργεια. Δίνονται πληροφορίες για το κάθε είδος κυττάρου και ο χρήστης συναρμολογεί τα κύτταρα από τα διάφορα οργανίδια που βρίσκει μέσα στο δωμάτιο.



WETLANDS ECOLOGY [12, 13]

Στο εργαστήριο HITL του πανεπιστημίου του Σιάτλ, ακολουθούν μια διαφορετική λογική. Δεν παρέχουν στους μαθητές έτοιμα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας, αλλά τους δίνουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν την τεχνολογία της, για να κατασκευάσουν εικονικά περιβάλλοντα. Στα πλαίσια αυτού, αναπτύχθηκε το Virtual Reality Roving Vehicle (VRRV), όπου ένα φορτηγό εξοπλισμένο με την τελευταία τεχνολογία γυρίζει από σχολείο σε σχολείο. Μένουν εκεί δύο περίπου εβδομάδες και αφού εξοικειωθούν οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί στη χρήση των εργαλείων που θα χρησιμοποιήσουν, ακολουθεί η κατασκευή του εικονικού περιβάλλοντος από τους μαθητές. Οι ερευνητές ολοκληρώνουν τις εφαρμογές και ακολουθεί η αξιολόγησή τους από τους μαθητές.

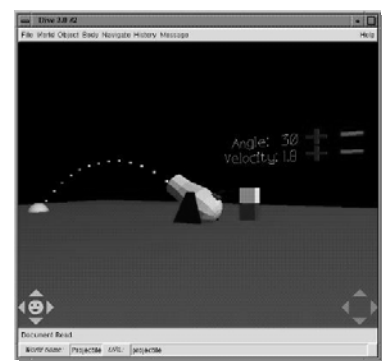
Μια από αυτές τις εφαρμογές είναι το **Wetlands Ecology**, που αναπτύχθηκε σε συνεργασία με το Kellogg Middle School KCOT και πραγματεύεται το θέμα της οικολογίας των υγροτόπων, των κύκλων του αζώτου, του νερού, του άνθρακα και της ενέργειας.



Το περιβάλλον αποτελείται από μια λιμνούλα που έχει γλωρίδα και πανίδα των υγροβιότοπων των Β.Δ. ΗΠΑ και στο τμήμα που αφορά, για παράδειγμα, τον κύκλο του αζώτου, ο χρήστης μετατρέπει το ελεύθερο άζωτο σε σταθερό, παρακολουθεί και συμμετέχει ενεργά στον κύκλο που κάνει το άζωτο στη φύση.

VIRTUAL PHYSICS [14]

Το Πανεπιστήμιο του Lancaster, σε συνεργασία με το University College London και το Πανεπιστήμιο του Nottingham ανέπτυξαν την εφαρμογή **Virtual Physics**,



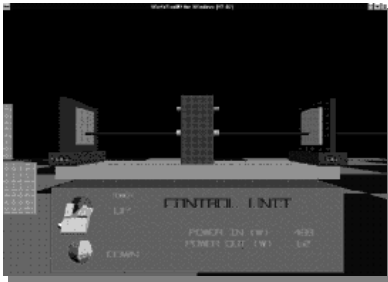
η οποία εντάσσεται στο project Distributed Extensible Virtual Reality Laboratory (DEVRL), πραγματεύεται θέματα νευτώνειας μηχανικής και απευθύνεται σε μαθητές 16 έως 18 ετών.

Στην εφαρμογή, μέσα από έναν κεντρικό χώρο οι χρήστες μπορούν να εισέλθουν σε έναν αριθμό κόσμων. Οι χώροι αυτοί έχουν επιλεγεί έτσι ώστε να παρέχουν κίνητρα για συνεργασία. Μερικοί απ' αυτούς τους κόσμους είναι οι:

Cannon World. Αποτελείται από έναν τοίχο, ένα στόχο, ένα κανόνι με ρυθμιζόμενες θέσεις εκτόξευσης και βλήματα που επηρεάζονται από τη βαρύτητα. Ο ένας συμμετέχων τοποθετείται δίπλα στο κανόνι και ο άλλος συνδέεται με το βλήμα. Η αποστολή είναι να χτυπηθεί ένας στόχος όταν ο συμμετέχων που βρίσκεται δίπλα στο κανόνι δεν μπορεί να τον δει.

Friction World. Αποτελείται από ένα τραπέζι μπιλιάρδου με 10 σφαίρες διαφορετικού χρώματος. Ανώνυμα (σκόπια) πλήκτρα ελέγχου μπορούν να ρυθμίσουν το βαθμό στον οποίο το περιβάλλον θα υπακούει στους νόμους διατήρησης της ορμής και της ενέργειας. Οι χρήστες μπορούν επίσης να ρυθμίσουν διάφορες παραμέτρους, όπως την

ελαστικότητα των σφαιρών, τον συντελεστή τριβής μεταξύ σφαιρών και τραπεζιού και να προκαλέσουν ελκτικές και απωστικές δυνάμεις μεταξύ των σφαιρών. Ο στόχος είναι να ρυθμιστεί το περιβάλλον έτσι ώστε ο εικονικός κόσμος να συμπεριφέρεται με “φυσικό” τρόπο και να αποφασιστεί τι κάνει κάθε ένα από τα ανώνυμα πλήκτρα ελέγχου.



V-LASER [15]

Στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων αναπτύχθηκε η εφαρμογή **V-LASER**, η οποία απευθύνεται σε προπτυχιακούς φοιτητές και πραγματεύεται το θέμα της φυσικής των laser.

Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να περιεργαστεί τα εικονικά εξαρτήματα που αποτελούν μια συσκευή laser, να τα χρησιμοποιήσει κατάλληλα για να την συναρμολογήσει, να τη θέσει σε λειτουργία και να μελετήσει τις συνθήκες λειτουργίας της.

LASER PHYSICS LAB [16]

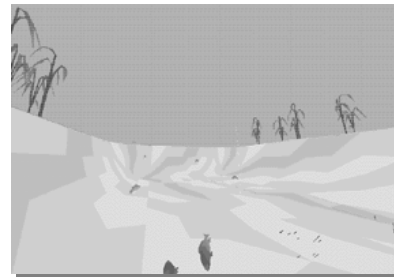
Το Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο του Nottingham, ανέπτυξε το **Laser Physics Lab**, που απευθύνεται σε μαθητές γυμνασίου και προπτυχιακούς φοιτητές και ασχολείται με το θέμα της βασικής φυσικής του φωτός laser.

Η εφαρμογή ενημερώνει για την αυθόρμητη και την εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας, για τη διασπορά της ακτινοβολίας, παρέχει μια αναπαράσταση της ηλεκτρικής συνιστώσας ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και τέλος μια διάταξη ολογραφίας που μπορεί να τεθεί σε λειτουργία.

LAKE [17, 18]

Στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, αναπτύχθηκε το **LAKE Project**, το οποίο απευθύνεται σε μαθητές Γυμνασίου και πραγματεύεται το θέμα του ευτροφισμού των λιμνών.

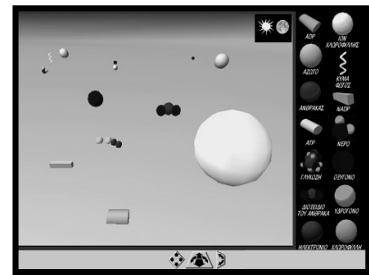
Σε ένα κέντρο περιβαλλοντικής ενημέρωσης, αφού ο χρήστης πάρει πληροφορίες για το φαινόμενο του ευτροφισμού από διάφορα μέσα (διαφάνειες, κόμικς), εισέρχεται σε 3 εικονικά περιβάλλοντα στα οποία εξερευνά το βυθό μιας λίμνης και βλέπει την κατάσταση που επικρατεί όταν υπάρχει διαφορετικού επιπέδου μόλυνση.



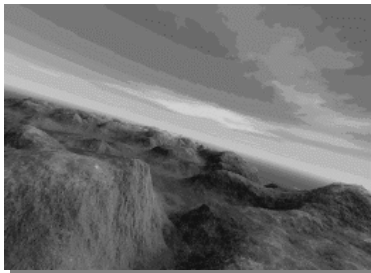
PLANT CELL [19, 20]

Στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, αναπτύχθηκε το **PLANT CELL**, το οποίο απευθύνεται σε μαθητές γυμνασίου και πραγματεύεται το θέμα της δομής του φυτικού κυττάρου και της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης.

Η εφαρμογή αποτελείται από δύο τμήματα. Στο πρώτο ο χρήστης εισέρχεται μέσα σε ένα εικονικό φυτικό κύτταρο, και εξερευνά τη δομή του πλοηγούμενος στο εσωτερικό του. Βλέπει τη δομή των οργανιδίων στο χώρο, εισέρχεται στο εσωτερικό τους και μπορεί να παρατηρήσει τις



διεργασίες που λαμβάνουν χώρα μέσα σε αυτά. Στο δεύτερο τμήμα, εισέρχεται στο εσωτερικό ενός χλωροπλάστη, βρίσκει τα στοιχεία που είναι απαραίτητα για τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης και καλείται να την ολοκληρώσει μόνος του.



Landscape Visualization [21]

Στο Πανεπιστήμιο της Μινεσότα, αναπτύχθηκε το **Landscape Visualization**. Αποτελεί συνδυασμό εικονικής πραγματικότητας και γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών.

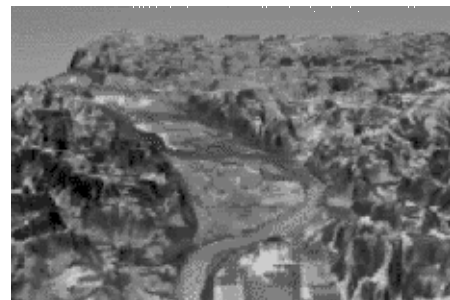
Δορυφορικά στοιχεία κάλυψης γης απλώνονται πάνω σε τοπογραφικό πλέγμα. Τρισδιάστατα δένδρα δείχνουν το είδος και την πυκνότητα της δασοκάλυψης και άλλα στοιχεία του τοπίου απεικονίζονται από διαφορετικά χρώματα και υφές. Ο

χρήστης επιλέγει όχημα (αεροπλάνο, όχημα εδάφους) και διαδρομή, πλοηγείται και παρατηρεί τα χαρακτηριστικά του τοπίου από διαφορετικές οπτικές γωνίες.

Geographic Exploration [22]

Στο Πανεπιστήμιο του Τέξας αναπτύχθηκε το **GEOGRAPHIC EXPLORATION**, που ασχολείται με την κατανόηση της μορφολογίας του εδάφους, τη διδασκαλία κατακόρυφου διαμελισμού, καθώς και την ανθρωπογενή παρέμβαση και αστική ανάπτυξη.

Η εφαρμογή βασίζεται σε ταινίες που προκύπτουν από εικονικά τοπία, παρέχουν έτοιμες πλοηγήσεις και καθόλου αλληλεπίδραση με το χρήστη.



Up and down the hill [23]

Το Παιδαγωγικό Τμήμα του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων και το Πανεπιστήμιο της Νυρεμβέργης ανέπτυξαν το **Up and down the hill**, το οποίο απευθύνεται σε μαθητές 12 ετών.

Αυτή η προσέγγιση αποτελεί συνδυασμό πολυμεσικής εφαρμογής με εικονική τοπογραφία, με βάρος στα πολυμέσα. Η εφαρμογή είναι ουσιαστικά ένα ηλεκτρονικό βιβλίο με 6 θεματικές ενότητες σχετικές με τοπογραφία, προσανατολισμό, αναγνώριση συμβόλων χαρτών. Τα εικονικά τοπία σχεδιάστηκαν με βάση τοπογραφικά στοιχεία πραγματικών τοπίων.

Κριτική θεώρηση

Τα μαθησιακά αποτελέσματα της εκπαιδευτικής τεχνολογίας είναι έμμεσα, συνδέονται και προκύπτουν από τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά του μέσου που χρησιμοποιείται κάθε φορά.

Έτσι, η κριτική θεώρηση ξεκινά από τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά της εικονικής πραγματικότητας που την διαφοροποιούν από τα άλλα εκπαιδευτικά πληροφοριακά εργαλεία. Αυτά είναι η πλήρης ελευθερία κινήσεων του χρήστη στο τρισδιάστατο προσομοιούμενο περιβάλλον, η πρώτου προσώπου οπτική γωνία και η αλληλεπίδραση με φυσιολογικό τρόπο με τα εικονικά αντικείμενα. Από αυτά προκύπτει ότι τα εικονικά περιβάλλοντα είναι ανοικτού τύπου εκπαιδευτικά εργαλεία, ενισχύουν τις εμπειρίες των μαθητών και οι περισσότερες θεωρητικές προσεγγίσεις πλησιάζουν την εποικοδομητική μάθηση.

Σύμφωνα με το παραπάνω πλαίσιο γίνεται και η κριτική θεώρηση των εφαρμογών. Για τη συγκριτική παρουσίαση και κριτική που ακολουθεί ομαδοποιούμε τις εφαρμογές σύμφωνα με το είδος της τεχνολογίας της εικονικής πραγματικότητας που χρησιμοποιούν. Μια συνολική εικόνα των χαρακτηριστικών των εικονικών περιβαλλόντων παρουσιάζεται στον πίνακα 1.

Η πλοήγηση, σε όλες τις εφαρμογές πλην αυτών που αφορούν τη γεωγραφία, είναι ελεύθερη, κάτι που χαρακτηρίζει έτσι και αλλιώς, τα εικονικά περιβάλλοντα.

Εμβύθιση (CAVE)

Το NICE και το Round Earth, έχουν αναπτυχθεί με βάση την πλατφόρμα της εικονικής πραγματικότητας εμβύθισης και ειδικότερα χρησιμοποιούν την τεχνολογία του CAVE (μικρό δωμάτιο, στους τοίχους του οποίου, προβάλλεται το εικονικό περιβάλλον και η διάσταση του βάθους γίνεται αντιληπτή με τη χρήση στερεοσκοπικών γυαλιών).

Το NICE χαρακτηρίζεται από αρκετή έως έντονη αλληλεπίδραση και παράλληλα επιτρέπει την παραμετροποίησή του, κάτι που στο Round Earth υπάρχει σε μικρό βαθμό, καθώς η αλληλεπίδραση περιορίζεται στη συλλογή αντικειμένων. Η εξαπλούστευση της αναπαράστασης του περιβάλλοντος φαίνεται να έχει επιλεγεί προκειμένου να γίνει φιλικότερο και εύχρηστο από τα παιδιά μικρής ηλικίας στα οποία απευθύνεται.

Οι δημιουργοί του NICE προσεγγίζουν παιδαγωγικά το θέμα με βάση την εποικοδομητική μάθηση. Καθώς η εικονική πραγματικότητα προσφέρει εμπειρίες που δύσκολα αποκτιούνται με άλλο τρόπο, μπορεί ουσιαστικά να θεωρηθεί ως ένα βασικό μέσο υλοποίησης της εποικοδομητικής προσέγγισης της μάθησης, σύμφωνα με την οποία κυρίως, η μάθηση υποστηρίζεται και καθίσταται εφικτή μέσω διαδικασιών εξερεύνησης, κατασκευής, και αλληλεπίδρασης με γεγονότα και αντικείμενα.

Το Round Earth στηρίχθηκε στη θεωρία της στρατηγικής της μεταφοράς της γνώσης (displacement strategy). Σε αντίθεση με τη θεωρία που υποστηρίζει ότι η μάθηση λαμβάνει χώρα καθώς νέες ιδέες αλλάζουν μετατρέποντας τις προϋπάρχουσες γνώσεις, η στρατηγική μεταφοράς της γνώσης, αναφέρεται τόσο στην εκμάθηση ενός καινούργιου γνωστικού αντικειμένου για το οποίο δεν υπάρχουν παρανοήσεις και λανθασμένες αντιλήψεις, όσο και στην κατοπινή συσχέτιση με το αντικείμενο που ουσιαστικά μας ενδιαφέρει.

		<i>X</i>	<i>A</i>	<i>P</i>	<i>A</i>	<i>K</i>	<i>T</i>	<i>H</i>	<i>P</i>	<i>I</i>	<i>Σ</i>	<i>T</i>	<i>I</i>	<i>K</i>	<i>A</i>
		Τεχνολογία	Αλληλεπίδραση			Παραμετροποίηση			Αληθοφάνεια			Παιδαγωγική – Διδακτική Προσέγγιση			
Σ Ε Γ Ο Μ Ρ Α Φ Ε	NICE	Πλήρης Εμβύθιση CAVE Πολυχρηστικό	Αρκετή-έντονη			Αρκετή			Εξαπλουστευμένο περιβάλλον			Επικοινωνιακή μάθηση Βιωματική μάθηση Συνεργατική μάθηση			
	ROUND EARTH	Πλήρης Εμβύθιση CAVE Βιντεοθόνη Πολυχρηστικό	Στοιχειώδης-μέτρια			Καθόλου-Στοιχειώδης			Αφηρημένη Στοιχειώδης αναπαράσταση			Στρατηγική μεταφοράς της γνώσης (Displacement strategy) Συνεργατική μάθηση			
	SCIENCE SPACE	Πλήρης Εμβύθιση	Αρκετή			Αρκετή			Κλασική συμβολική αναπαράσταση σωματιδίων και μοριακών δομών			Επικοινωνιακή μάθηση Ενίσχυση εμπειριών			
	VICHER	Πλήρης Εμβύθιση	Αρκετή			Αρκετή-έντονη			Μέτρια			Ενίσχυση εμπειριών Ταξινομία Bloom: Ανάλυση – Σύνθεση – Αξιολόγηση			
	CELL BIOLOGY	Πλήρης Εμβύθιση	Έντονη			Καθόλου			Μέτρια			Επικοινωνιακή μάθηση Ικανοποίηση διαφορετικών τύπων μάθησης			
	WETLANDS ECOLOGY	Πλήρης Εμβύθιση	Έντονη			Μικρή			Μέτρια			Επικοινωνιακή μάθηση			
	VIRTUAL PHYSICS	Πλήρης Εμβύθιση Επιτραπέζια Πολυχρηστικό	Έντονη			Αρκετή			Μέτρια			Επικοινωνιακή μάθηση Συνεργατική μάθηση			
	V-LASER	Επιτραπέζια Γάντι δεδομένων	Έντονη			Αρκετή			Ρεαλιστική ως προς το είδος των αντικειμένων, όχι ως προς τη μορφή			Επικοινωνιακή μάθηση Εμπλουτισμός εμπειριών			
	VIRTUAL LASER LAB	Επιτραπέζια	Στοιχειώδης-ελάχιστη			Καθόλου			Ρεαλιστική ως προς το είδος των αντικειμένων, όχι ως προς τη μορφή			Βιωματική μάθηση Διασθητική κατανόηση φυσικών φαινομένων			
	LAKE	Επιτραπέζια	Μέτρια			Μικρή			Ρεαλιστική ως προς το είδος των αντικειμένων, όχι ως προς τη μορφή			Επικοινωνιακή μάθηση Ενίσχυση εμπειριών Βιωματική μάθηση			
	PLANT CELL	Επιτραπέζια	Έντονη			Καθόλου			Μέτρια			Επικοινωνιακή μάθηση			
	LANDSCAPE VISUALIZATION	Επιτραπέζια Πολυμέσα	Καθόλου			Καθόλου			Έντονη			Δεν αναφέρεται			
	GEOGRAPHIC EXPLORATION	Επιτραπέζια Πολυμέσα	Καθόλου			Καθόλου			Έντονη			Δεν αναφέρεται			
	UP AND DOWN THE HILL	Επιτραπέζια Πολυμέσα	Καθόλου			Καθόλου			Έντονη			Συμπεριφορισμός			

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά εκπαιδευτικών εικονικών περιβαλλόντων

Και τα δύο περιβάλλοντα υποστηρίζουν τη συνεργατική μάθηση δεδομένου ότι οι σχέσεις αλληλεπίδρασης και αλληλεξάρτησης που αναπτύσσονται μεταξύ των ατόμων της ομάδας, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην όλη μαθησιακή διαδικασία. Μέσω της συνεργασίας αναπτύσσεται προβληματισμός και διάλογος και μέσω αυτών προάγεται η μάθηση. Κάθε χρήστης παρουσιάζει μια υποκειμενική όψη του αντικειμένου ενώ παράλληλα η εναλλαγή ρόλων συμβάλλει στο να γίνουν αντιληπτές όλες οι οπτικές.

Από τις εμπειρικές έρευνες που έγιναν με τις παραπάνω εφαρμογές προέκυψαν ενδιαφέροντα συμπεράσματα σε θέματα τεχνολογικής, παιδαγωγικής και γνωστική φύσης. Συγκεκριμένα, κατά τη χρήση στερεοσκοπικών γυαλιών από παιδιά μικρής ηλικίας παρουσιάστηκαν πρακτικές δυσκολίες λόγω βάρους και μεγέθους. Η εικονική πραγματικότητα μπορεί να θεωρηθεί ως «φυσικό» μέσο διδασκαλίας καθώς ο υπολογιστής δεν έγινε άμεσα αντιληπτός. Όπως είπε ένα κοριτσάκι «Νόμιζα ότι θα παίζαμε με κομπιούτερ, αλλά αυτό ήταν άλλο πράγμα».

Το ελλειπές γνωστικό υπόβαθρο των μαθητών οδήγησε σε σύγχυση και σε παρανοήσεις, με σπουδαιότερη το γεγονός της διατήρησης διπλών αναπαραστάσεων της πραγματικότητας από τα παιδιά – τόσο των προγενέστερων αναπαραστάσεων όσο και αυτών που απέκτησαν με την εμπειρία του εικονικού περιβάλλοντος. Σε αυτό πιθανώς συνέβαλλε η υπεραπλούστευση των αναπαραστάσεων και ίσως τα ανοιχτά περιβάλλοντα που δεν παρείχαν κάποια συγκεκριμένη κατεύθυνση προς το διδακτικό στόχο. Επίσης διαφαίνεται πως το καινοτόμο της τεχνολογίας συχνά αποπροσανατολίζει το χρήστη από το μαθησιακό στόχο.

Πλήρης εμπύθιση (HMD)

Στην κατηγορία των εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας πλήρους εμπύθισης με τη χρήση στερεοσκοπικού κράνους (HMD), κατατάσσουμε τις εφαρμογές Cell Biology, Vicher, ScienceSpace, Wetlands Ecology και Virtual Physics.

Όλες χαρακτηρίζονται από αρκετά έντονο αλληλεπιδραστικό περιβάλλον, παράλληλα όμως διαφέρουν ως προς το επίπεδο της παραμετροποίησής του. Στο Cell Biology παρατηρούμε έλλειψη της δυνατότητας αλλαγής παραμέτρων από το χρήστη σε αντίθεση με το Vicher το ScienceSpace, το Wetlands Ecology και το Virtual Physics όπου η δυνατότητα είναι από αρκετή έως έντονη. Ως προς την αναπαράσταση τα περιβάλλοντα είναι ρεαλιστικά όσον αφορά στη μορφή και στα σχήματα των αντικειμένων, όχι όμως και στη λεπτομέρεια της εμφάνισής τους. Η ρεαλιστικότητα είναι τόση, όση χρειάζεται, ώστε να γίνονται εύκολα αντιληπτές οι ζητούμενες έννοιες και στόχοι. Στα σημεία που απαιτείται αναπαράσταση σωματιδίων ή μοριακών δομών, χρησιμοποιείται ο κλασικός συμβολικός τρόπος αναπαράστασής τους.

Ο κονστρουκτιβισμός βρίσκεται επίσης, στη βάση της παιδαγωγικής προσέγγισης των παραπάνω εφαρμογών. Υποστηρίζεται η βιωματική μάθηση, η μάθηση μέσω δράσης, πρόβλεψης, και πειραματισμού. Για το Wetlands Ecology υποστηρίζεται επιπλέον, ότι αν και υπάρχει δόμηση γνώσης με τη χρήση προκατασκευασμένων εφαρμογών, δίνεται δυνατότητα για βαθύτερη κατανόηση από το μαθητή όταν και ο ίδιος συμμετέχει ενεργά στη διαδικασία του σχεδιασμού. Οι συγγραφείς προτείνουν τη δυνατότητα να πραγματωθούν τις 3 υψηλότερες κατηγορίες της ταξινόμιας του Bloom, την ανάλυση, την σύνθεση και την αξιολόγηση. Σημαντική θεωρείται η ανάπτυξη της ικανότητας εκ μέρους του μαθητή, για διαισθητική κατανόηση των φυσικών φαινομένων και νόμων προτού αντιμετωπίσει τη συμβολική αναπαράσταση των κανόνων.

Στο Virtual Physics η εφαρμογή έχει σχεδιαστεί έτσι, ώστε να υποστηρίζει την συνεργατική ανάπτυξη μη συμβολικών μοντέλων των σχετικών φυσικών αρχών. Οι αρχικοί κόσμοι που έχουν αναπτυχθεί στην εφαρμογή, έχουν επιλεγεί έτσι ώστε να υποκινούν τη συνεργασία, αναθέτοντας στους σπουδαστές αποστολές που θα ήταν δύσκολο να επιτελεστούν ανεξάρτητα. Οι ερευνητές φιλοδοξούν να ερευνήσουν περαιτέρω θέματα συνεργασίας και θεμελιώδους μάθησης καθώς και το πώς η αλληλεπίδραση μεταξύ της πιστότητας της αναπαράστασης και της αμεσότητας του ελέγχου επιδρούν στη διαδικασία της θεμελιώδους μάθησης.

Από τις εμπειρικές έρευνες διαφάνηκαν ενθαρρυντικά μαθησιακά αποτελέσματα. Η προσέγγιση εξαρτάται από τους εκάστοτε διδακτικούς στόχους. Αν δίνουμε προτεραιότητα στη δημιουργικότητα και τους διαφορετικούς τρόπους αναπαράστασης της γνώσης, τότε ο κονστρουκτιβισμός διευκολύνει στην απόκτηση και εφαρμογή της γνώσης. Στο Wetlands Ecology η βελτίωση αποδίδεται περισσότερο στη διαδικασία της κατασκευής εκ μέρους των μαθητών της εφαρμογής και όχι μόνο στην εμπειρία της εμπύθισης στο περιβάλλον που αποτέλεσε το κυρίως κίνητρο.

Η τρισδιάστατη αναπαράσταση και η δυνατότητα χειρισμού των περιβαλλόντων βοήθησε στην οπτικοποίηση των φαινομένων, όπως φάνηκε από τις απαντήσεις που έδειχναν σε βάθος κατανόηση των φαινομένων. Σε κάποια θέματα φάνηκε κάποια δυσκολία στη μεταφορά της γνώσης. Σε σύγκριση με χρήστες της ίδιας εφαρμογής αλλά σε σύστημα επιτραπέζιας εικονικής πραγματικότητας, φάνηκε ότι η πλήρης εμπύθιση αδικούσε το μαθησιακό αποτέλεσμα, υπέρ μιας αίσθησης ενθουσιασμού και εκδήλωσης ενδιαφέροντος για περαιτέρω ενασχόληση με το γνωστικό αντικείμενο.

Η καινοτομία του εργαλείου και ο χρόνος που χρειάζεται για την εκμάθηση της χρήσης του, παρεμπόδισαν ως ένα σημείο την ενασχόληση με το ίδιο το γνωστικό αντικείμενο.

Ο σχεδιασμός των HMD's προκαλεί εμπόδια και δυσκολίες στη μαθησιακή διαδικασία. Η εμπύθιση έχει κάποια μειονεκτήματα καθώς με το κράνος ο μαθητής δεν μπορεί να δει και να γράψει. Στην περίπτωση του Cell Biology αποδείχθηκε αποτελεσματική η δυνατότητα του χρήστη με το κράνος να κινείται φυσικά και να έχει φυσική αλληλεπίδραση με το περιβάλλον (πιάσιμο αντικειμένων), έτσι ώστε να μην υπάρχουν έντονα αισθήματα ναυτίας και ζάλης.

Οι ερευνητές του Virtual Physics βρήκαν ότι οι περισσότεροι μαθητές επέδειξαν λίγη ή καθόλου λογική μεθοδολογία επίλυσης προβλημάτων και οι τεχνικές τους οικοδόμησης θεμελιώδους φυσικού μοντέλου αναπτύχθηκαν πολύ φτωχά. Οι δραστηριότητες επιτέλεσης εργασιών κατέληξαν σε μια μορφή αλληλεπίδρασης του τύπου ηγέτη και παθητικού οπαδού και το περιβάλλον της εικονικής πραγματικότητας λίγο μεσολάβησε στην επαφή διαφορετικών προσωπικοτήτων. Αποτέλεσμα του πειραματισμού ήταν οι ερευνητές να ορίσουν τρεις τύπους περιβαλλόντων συνεργατικής μάθησης: τον καταμερισμό καθηκόντων, το παιχνίδι και το μοντέλο καθοδηγητή - μαθητή.

Φάνηκε πως το μοντέλο καθοδηγητή - μαθητή είναι το πλέον κατάλληλο για τη διδασκαλία σύνθετων θεμάτων.

Αξίζει τέλος να σημειωθεί ότι το περιβάλλον εμπύθισης φάνηκε περισσότερο αντιληπτό στους συμμετέχοντες, ενώ αυτό του επιτραπέζιου συστήματος παρουσίασε δυσκολίες πλοήγησης, όταν οι χρήστες προσπαθούσαν να ακολουθήσουν κινούμενα αντικείμενα.

Συμπερασματικά, οι ερευνητές του προγράμματος DEVRL αναφέρουν ότι το παίξιμο ρόλων μπορεί να υποστηρίξει συνεργατική μάθηση, εφ' όσον οι ρόλοι μπορούν να συσχετιστούν με τις κατάλληλες γνωστικές διαδικασίες, αλλιώς υπάρχει ο κίνδυνος η συνεργασία να εκφυλιστεί σε ένα κλασικό πρότυπο ηγέτη - οπαδού.

Επιτραπέζια εικονική πραγματικότητα

Οι υπόλοιπες εφαρμογές έχουν στηριχθεί στην τεχνολογία της επιτραπέζιας εικονικής πραγματικότητας. Αυτές είναι το LAKE, το V-LASER, το Virtual Laser Laboratory, και το Plant Cell.

Το V-LASER και το Plant Cell, χαρακτηρίζονται από έντονα αλληλεπιδραστικό περιβάλλον, το LAKE από μέτριο έως αρκετό, ενώ το Virtual Laser Laboratory θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως στοιχειωδώς αλληλεπιδραστικό. Το V-LASER είναι έντονα παραμετροποιήσιμο σε αντίθεση με τα άλλα τρία περιβάλλοντα που δεν έχουν σχεδόν καθόλου στοιχεία παραμετροποίησης. Στο V-LASER ο χειρισμός των αντικειμένων και του περιβάλλοντος γίνεται με γάντι δεδομένων.

Οι παραπάνω εφαρμογές προσεγγίζονται παιδαγωγικά κυρίως με τον κονστρουκτιβισμό. Υποστηρίζεται ότι σημαντική θέση στη μαθησιακή διαδικασία έχει το αρχικό στάδιο κατά το οποίο ενεργοποιείται ο μαθητής, προκειμένου να επιλέξει και προσλάβει ερεθίσματα από το περιβάλλον. Η εικονική πραγματικότητα επιτρέπει την ενεργή συμμετοχή του μαθητή στην εκπαιδευτική διαδικασία και παρέχει τη δυνατότητα να εμπλουτίσει, να ενισχύσει, να επεξεργαστεί και να δομήσει τις εμπειρίες του.

Στο Landscape Visualization, το Geographic Exploration και το Up and down the hill, η εικονική πραγματικότητα χρησιμοποιείται μόνο για την ψευδοτριδιάστατη αναπαράσταση πραγματικών ή εικονικών τοπίων με τη μορφή στατικών εικόνων και προκαθορισμένων πλοηγήσεων. Τα εικονικά τοπία προβάλλονται σε διδιάστατες οθόνες, δεν υποστηρίζουν την ελεύθερη πλοήγηση και την οπτική γωνία του χρήστη, αλλά ούτε και την αλληλεπίδραση. Η ρεαλιστική αναπαράσταση των εικονικών τοπίων είναι πολύ καλή ως εξαιρετική. Τα κύρια χαρακτηριστικά της εικονικής πραγματικότητας, δηλαδή η ελεύθερη πλοήγηση, η τρισδιάστατη απεικόνιση με στοιχεία εμπύθισης, και η αλληλεπίδραση του μαθητή με τα εικονικά τοπία για την τροποποίηση γεωγραφικών χαρακτηριστικών ή τη λήψη πληροφοριών, απουσιάζουν, αν και θεωρούμε ότι είναι σημαντικά για την υποστήριξη της γεωγραφικής εκπαίδευσης.

Η ελεύθερη πλοήγηση, η τρισδιάστατη απεικόνιση με στοιχεία εμπύθισης και η αλληλεπίδραση του μαθητή με τα εικονικά τοπία για την τροποποίηση γεωγραφικών χαρακτηριστικών ή τη λήψη πληροφοριών, προσεγγίζονται από το εργαστήριο εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας, όπου δημιουργούνται εκπαιδευτικά εικονικά περιβάλλοντα που βασίζονται σε πραγματικά ή εικονικά τοπία και ολοκληρώνονται σε μια υπερμεσική εφαρμογή που επιτρέπει την αλληλεπίδραση μεταξύ των εικονικών περιβαλλόντων, της πολυμεσικής πληροφορίας και της αξιολόγησης του μαθητή. Τα προτεινόμενα εικονικά περιβάλλοντα έχουν τη μορφή τρισδιάστατων στερεοσκοπικών εικόνων, εικονικών τοπίων για ελεύθερη πλοήγηση και αλληλεπίδραση και προκαθορισμένες πλοηγήσεις. Στόχος της προσέγγισης είναι η υποστήριξη του μαθητή στις διαδικασίες ανάγνωσης και κατανόησης χαρτών και των συμβόλων τους. Ένα από τα στοιχεία στα οποία δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα, είναι η επαναφορά της χαμένης πληροφορίας του ύψους που δεν υπάρχει στους χάρτες και τους άτλαντες, η δημιουργία από τους μαθητές γεωγραφικών στοιχείων όπως τα βουνά, αλλά και ανθρωπογενών παρεμβάσεων, η διαχρονική εξέλιξη τοπίων.

Προτάσεις

Από την παραπάνω μελέτη, θεωρούμε πως ορισμένα χαρακτηριστικά ή ιδιότητες των εκπαιδευτικών εικονικών περιβαλλόντων παρότι ξεχωρίζουν από θεωρητική σκοπιά, από πρακτικής απόψεως άλλοτε καθίστανται καθοριστικά για την επιτυχία και άλλοτε για την αποτυχία της διδακτικής διαδικασίας.

Γενικά, οι τεχνολογίες της εικονικής πραγματικότητας ενθουσιάζουν τους χρήστες όλων των ηλικιών και παρέχουν ισχυρά κίνητρα για την ενασχόλησή τους με το υπό μελέτη θέμα. Προβλήματα παρουσιάζονται από πλευράς τεχνολογίας και σχετίζονται με την έλλειψη προδιαγεγραμμένων εργαλείων λογισμικού και υλικού. Επίσης δεν παρατηρούνται συγκεκριμένοι διδακτικοί στόχοι στις περισσότερες εφαρμογές που να υποστηρίζονται άμεσα από παιδαγωγικά ή ψυχολογικά μοντέλα.

Στοιχεία που συμβάλλουν καθοριστικά, ίσως και αποκλειστικά στην παιδαγωγική πληρότητα και αποτελεσματικότητα του διδακτικού εργαλείου συνιστούν η αλληλεπίδραση, η παραμετροποίηση, η ρεαλιστικότητα και τα ανοιχτά περιβάλλοντα που προσφέρονται.

Η δυνατότητα της αλληλεπίδρασης, προσφέρει ένα επιπλέον πλεονέκτημα, στα προνόμια της τρισδιάστατης αναπαράστασης. Η άμεση επέμβαση στο εικονικό περιβάλλον με το χειρισμό και την καθοδήγηση των διαδικασιών και της εξέλιξης των φαινομένων αποτελούν ουσιαστικό στοιχείο δυνατής αλληλεπίδρασης.

Επίσης, η δυνατότητα ρύθμισης επιμέρους παραμέτρων με αποτέλεσμα την λεπτή και εξειδικευμένη επέμβαση στο εικονικό περιβάλλον συνιστά ένα ακόμη σημαντικό χαρακτηριστικό που φάνηκε ότι προάγει τους μαθησιακούς στόχους. Είναι σημαντικό η δυνατότητα παραμετροποίησης των εικονικών περιβαλλόντων να παρέχεται τόσο στους εκπαιδευτικούς όσο και στους διδασκόμενους, ώστε το περιβάλλον να προσαρμόζεται στις εκάστοτε επιθυμίες και ανάγκες τους αντίστοιχα.

Η αξιοποίηση της ελεύθερης και κατά βούληση πλοήγησης είναι κάτι που προτείνεται ανεπιφύλακτα και πραγματικά συνιστά ευκαιρία μεγάλης παιδαγωγικής αξίας. Δεδομένων όμως, συγκεκριμένων πρακτικών περιορισμών (π.χ. ελλιπής εμπειρία και εξοικείωση των χρηστών) η «εγκατάλειψη» του χρήστη μέσα σε ένα απολύτως ανοιχτό περιβάλλον συχνά οδηγεί σε αποπροσανατολισμό του και σε πλήρη απομάκρυνση από τους διδακτικούς στόχους. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα προτείνεται η ανάπτυξη προκαθορισμένων σταθερών σημείων έναρξης και συγκεκριμένη πορεία πλοήγησης για το αρχικό στάδιο εκμάθησης και για μη εξοικειωμένους χρήστες, ενώ σε δεύτερο χρόνο η σταδιακή απελευθέρωση του χρήστη (που ουσιαστικά αποτελεί και μακροπρόθεσμο στόχο) μπορεί να οδηγήσει με επιτυχία και ασφάλεια στα επιθυμητά αποτελέσματα. Γι' αυτό, όσον αφορά στο στάδιο της χρήσης κρίνονται απαραίτητες οι πολλαπλές συνεδρίες που ταυτόχρονα επιτρέπουν τόσο κλιμακωτή επαφή του χρήστη με το περιβάλλον (και συνεπώς με το διδακτικό αντικείμενο), όσο και την ευκαιρία στον εκπαιδευτικό – ερευνητή να αναπροσαρμόζει περιοδικά, στα πλαίσια ενός ευρύτερου χρονικού προγραμματισμού, το περιβάλλον σύμφωνα με την ανταπόκριση των διδασκόμενων κατά τα πρότυπα της έρευνας δράσης.

Σχετικά με τη ρεαλιστικότητα των εικονικών περιβαλλόντων φάνηκε πως στις εφαρμογές που χαρακτηρίζονταν από υπεραπλούστευση των αναπαραστάσεων οι μαθητές αντιμετώπισαν προβλήματα κατανόησης και οδηγήθηκαν σε σημαντικές παρανοήσεις. Σχετικά με τη φυσικότητα απόδοσης των εικονικών αντικείμενων προτείνονται δύο προσεγγίσεις [17]. Στη μία χρησιμοποιείται η φυσική απόδοση του περιβάλλοντος εικονικού χώρου, με λιγότερο ρεαλισμό στην απόδοση των αντικείμενων, ενώ στην άλλη, δεν χρησιμοποιούνται ρεαλιστικές αναπαραστάσεις, καθώς δίνεται έμφαση στις βασικές αρχές που πραγματεύεται το εικονικό περιβάλλον. Προτείνουμε να τηρείται μια όσο τον δυνατόν πιστότερη αναπαράσταση της πραγματικότητας, στο μέτρο του εφικτού, ειδικά όταν αφορά γνωστά, στα παιδιά, αντικείμενα και απλούστερη συμβολική για εκείνα που δεν είναι ορατά με το γυμνό μάτι.. Οι πρακτικές δυσκολίες και περιορισμοί σε επίπεδο τεχνολογίας αλλά και απαιτούμενου χρόνου ανάπτυξης είναι γνωστές, η ανάγκη τήρησης της παραπάνω δέσμευσης όμως είναι πρωταρχική προκειμένου να επιτευχθεί ο βασικός στόχος της καλύτερης εξυπηρέτησης του διδακτικού αποτελέσματος.

Στην περίπτωση που υπάρχει η δυνατότητα συνδυασμού με άλλα υπολογιστικά εκπαιδευτικά εργαλεία, όπως τα πολυμέσα και η τεχνολογία των δικτύων, θα αποτελούσε αξιόλογη προσπάθεια και μορφή αποτελεσματικής παρέμβασης στο παιδαγωγικό έργο με ανυπολόγιστες δυνατότητες και προεκτάσεις.

Παράδειγμα μιας τέτοιας προσπάθειας θα αποτελούσε μια υπερμεσική εφαρμογή που επιτρέπει την αλληλεπίδραση μεταξύ εικονικών περιβαλλόντων προσβάσιμων και μέσω δικτύου [24].

Τέλος, ως προς την τεχνολογία, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στις περιπτώσεις που οι διδασκόμενοι είναι μικρής ηλικίας καθώς σε παρόμοιες περιπτώσεις έχουν προκύψει πολλά προβλήματα, όπως η ικανότητα χρήσης μεγάλου μεγέθους και βάρους περιφερειακών συσκευών από τα ίδια τα παιδιά, γεγονός που μπορεί να επηρεάσει το διδακτικό αποτέλεσμα και να αναχαιτίσει τη διδακτική διαδικασία [25, 26]. Πρέπει επίσης να σημειώσουμε ότι καλύτερα αποτελέσματα, συμπέρασμα που αποτελεί και πρότασή μας, φέρνουν συστήματα επιτραπέζιας εικονικής πραγματικότητας καθώς και η χρήση μεγάλων βιντεοοθονών ή ακόμη καλύτερα συστημάτων CAVE.

Κλείνοντας, θεωρούμε ότι απαιτείται ερευνητική δουλειά από διεπιστημονικές ομάδες για κατάλληλη θεωρητική υποστήριξη της εικονικής πραγματικότητας στην εκπαιδευτική διαδικασία, η οποία θα εκμεταλλεύεται τα βασικά χαρακτηριστικά της.

Από τεχνολογικής πλευράς, απαιτούνται προδιαγραφές για το λογισμικό και υλικό που είναι όμως εξαιρετικά δύσκολο ακόμη.

Από ότι φαίνεται, για άμεση εισαγωγή της εικονικής πραγματικότητας στην τάξη προσφέρεται η επιτραπέζια εικονική πραγματικότητα με δυνατότητες εμπύθισης, με μικρού κόστους και εύχρηστες περιφερειακές συσκευές.

Αναφορές

1. Youngblut C., Educational Uses of Virtual Reality Technology, Institute for Defense Analyses, IDA Document D-2128, January 1998, available at <http://www.hitl.washington.edu/scivw/youngblut-edvr/D2128.pdf>
2. Roussos, M., Johnson, A., Moher, T., Leigh, J., Vasilakis, C. Barnes, C., Learning and Building Together in an Immersive Virtual World. To be published in PRESENCE journal, MIT Press, late 1998. (also available at <http://www.ice.eecs.uic.edu/~nice/NICE/PRESENCE/presence.html>)
3. Roussos, M., Johnson, A., Leigh, J., Vasilakis, C. Barnes, C., and Moher, T., The NICE project: Narrative, Immersive, Constructionist/Collaborative Environments for Learning in Virtual Reality. In Proceedings of EDMEDIA '97, June 14-17, Calgary Canada, pp. 917-922. (also available at <http://www.ice.eecs.uic.edu/~nice/NICE/PAPERS/EDMEDIA/edmedia.paper.html>)

4. Roussos M., Issues in the Design and Evaluation of a Virtual Reality Learning Environment, Master of Science in Electrical Engineering and Computer in the Graduate College of the University of Illinois at Chicago, May 1997, available at <http://www.evl.uic.edu/mariar/THESIS/>.
5. Johnson, A., Moher, T., Ohlsson, S., Gillingham, M., The Round Earth Project: Deep Learning in a Collaborative Virtual World. Proceedings of IEEE VR99, Houston TX, March 13-17, 1999, pp 164-171. (also available at <http://www.evl.uic.edu/aej/vrais99/vrais99.html>)
6. Moher, T., Johnson, A., Ohlsson, S., Gillingham, M., Bridging Strategies for VR-Based Learning. In the proceedings of CHI 99, Pittsburgh, Pennsylvania, May 15-20, 1999, pp. 536-543. (also available at <http://www.evl.uic.edu/aej/papers/chihtml/chi99paper.htm>)
7. Dede C., Salzman M. C., Loftin R. B., ScienceSpace: Virtual Realities for Learning Complex and Abstract Scientific Concepts, available at <http://www.vetl.uh.edu/ScienceSpace/absvir.html>
8. Dede C., Salzman M., Calhoun C., Loftin R. B., Hoblit J., Regian J. W., The Design of Artificial Realities to Improve Learning Newtonian Mechanics, Proceedings of the 1994 East-West International Conference on Multimedia, Hypermedia, and Virtual Reality Moscow, September 14-16, 1994 (also available at <http://www.vetl.uh.edu/ScienceSpace/newton.html>)
9. Bell, John T., and H. Scott Fogler, "The Investigation and Application of Virtual Reality as an Educational Tool", Proceedings of the American Society for Engineering Education Annual Conference, Anaheim, CA, June 1995. (also available at <http://www.engin.umich.edu/labs/vrichel>)
10. Bell, John T., and H. Scott Fogler, "Virtual Reality in Chemical Engineering Education", Proceedings of the 1995 Illinois/ Indiana ASEE Sectional Conference, March 16-18, 1995, Purdue University, West Lafayette, Indiana, (Best Paper Award.) (also available at <http://www.engin.umich.edu/labs/vrichel>)
11. Gay Eben & Greschler David, Is Virtual Reality a good teaching tool? A test case, Virtual Reality Special Report, Winter 1994 (also available at <http://www.net.org/html/resources/research/vr-research/vrvt.html>)
12. Kimberley M. Osberg, William Winn, Howard Rose, Ari Hollander, Hunter Hoffman, Patti Char, The Effect of Having Grade Seven Students Construct Virtual Environments on their Comprehension of Science, Annual Meeting of the American Educational Research Association, Chicago, March 1997. (also available at <http://www.hitl.washington.edu/publications/r-97-19/>)
13. Learning about complex environmental processes in immersive virtual environments, Human Interface Technology Laboratory, available at <http://www.hitl.washington.edu/projects/learnve/>
14. DEVRL, The distributed Extensible Virtual Reality Laboratory, <http://www.comp.lancs.ac.uk/computing/research/cseg/projects/devrl/index.html>
15. Μικρόπουλος Τ., Δήμιος Γ. Ηλ., Γκουζίνης Χ., Ενίσχυση εμπειριών μέσω εικονικής πραγματικότητας: Ένα παράδειγμα από το χώρο των φυσικών επιστημών, 3^ο Πανελλήνιο Συνέδριο με διεθνή συμμετοχή «Διδακτική των Μαθηματικών και Πληροφορική στην Εκπαίδευση», Πάτρα, 9-11 Μαΐου 1997 (also available at http://www.uoi.gr/schools/edu/ptde/gr/mikropoulos5_gr.htm)
16. Brown D. J., Mikropoulos T. A., Kerr S. J., A virtual laser physics laboratory, VR in the Schools, December 1996, Vol. 2, no. 3, pp. 3-8
17. Mikropoulos T. A., Chalkidis A., Katsikis A., Kossivaki Ph., Virtual Realities in Environmental Education: the project LAKE, Education & Information Technologies, 2, p. 131 (1997) (also available at http://www.uoi.gr/schools/edu/ptde/gr/mikropoulos2_gr.htm)
18. Mikropoulos T. A., Chalkidis A., Katsikis A., Emvalotis A., Students' Attitude toward Educational Virtual Environments, Education & Information Technologies, 3, p. 137 (1998) (also available at http://www.uoi.gr/schools/edu/ptde/gr/mikropoulos6_gr.htm)
19. Νικολού Ε., Μικρόπουλος Τ., Κατσίκης Α., Η Εικονική Πραγματικότητα στην υποστήριξη της διδασκαλίας της Βιολογίας, 1^ο Πανελλήνιο συνέδριο «Διδακτικής των φυσικών επιστημών και εφαρμογής των νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση», Θεσσαλονίκη, Μάιος 1998 (also available at http://www.uoi.gr/schools/edu/ptde/gr/nikolou3_gr.htm)
20. Nikolou E., Mikropoulos T. A., Katsikis A., Virtual Realities in Biology Teaching, VRET '97, Loughborough, UK (also available at http://www.uoi.gr/schools/edu/ptde/gr/nikolou1_gr.htm)
21. Berger P., Meysembourg P., Sales J., and Johnston C., Towards a Virtual Reality Interface for Landscape Visualization, available at <http://www.nrri.umn.edu/paper/paper.html>.
22. Ludwig G. S., Virtual Reality: A New World for Geographic Exploration, available at www.utexas.edu/depts/grg/eworks/wie/ludwig/earthwor.html
23. Schrettenbrunner H., Up and Down the Hill, software, University of Nuremberg.
24. Πιντέλας Π., Μικρόπουλος Τ., Κατσίκης Α., Καμέας Α., Τριάντης Α., Νικολού Ε., Βάθης Σ., Κουταλιέρης Γ., "ΕΙΚΩΝ: Εικονική πραγματικότητα στη διαθεματική προσέγγιση μαθημάτων Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης", Δημερίδα Πληροφορικής "Η Πληροφορική στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση", Αθήνα, 4-5 Δεκεμβρίου 1998.
25. Kolasinski E., Simulator Sickness in Virtual Environments, US Army Research Institute Tech. Rep. 1027, May 1995, available at <http://www.cyberedge.com/4a7a.html>.

Costello P., Health and safety issues associated with VR - A review of current literature, AGOCG Tech. Rep. 37, July 1997, available at http://www.agocg.ac.uk/TechReports/ThirtySeven/report37_conts.html.