ePublishing

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2010)

7ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΕΤΠΕ «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»

Γνωστικές διαφυλικές διαφορές σε εκπαιδευτικά εικονικά περιβάλλοντα

Χρυσή Πριοβόλου, Βαγγέλης Τζίμας, Γιώργος Ζαχαρής, Τάσος Α. Μικρόπουλος

Βιβλιογραφική αναφορά:

Πριοβόλου Χ., Τζίμας Β., Ζαχαρής Γ., & Μικρόπουλος Τ. Α. (2023). Γνωστικές διαφυλικές διαφορές σε εκπαιδευτικά εικονικά περιβάλλοντα. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 047–054. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/4977

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 26/03/2026 17:20:14

Γνωστικές διαφυλικές διαφορές σε εκπαιδευτικά εικονικά περιβάλλοντα

Χρυσή Πριοβόλου, Βαγγέλης Τζίμας, Γιώργος Ζαχαρής, Τάσος Α. Μικρόπουλος
chpriov@cc.uoi.gr, me00620@cc.uoi.gr, gzacharis@grads.uoi.gr, amikrop@uoi.gr
ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Περίληψη

Μελέτες έχουν αναδείξει γνωστικές διαφυλικές διαφορές σε πραγματικά περιβάλλοντα, με γενική υπεροχή των ανδρών κυρίως σε χωρικές δεξιότητες και αντιστοίχως των γυναικών σε λεκτικές. Αντίστοιχες μελέτες σε εικονικά περιβάλλοντα και ιδιαίτερα με εφαρμογές στην εκπαίδευση, δεν έχουν πραγματοποιηθεί. Η παρούσα έρευνα στοχεύει στη μελέτη της διαφυλικής διαφοροποίησης σε συμμετέχοντες και των δύο φύλων κατά την αλληλεπίδρασή τους με εικονικά και πραγματικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα με χρήση της μεθόδου της ηλεκτροεγκεφαλογραφίας. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι αν και τα δύο φύλα χρησιμοποίησαν τις ίδιες γνωστικές διεργασίες για την επεξεργασία των ερεθισμάτων, εντούτοις παρουσίασαν διαφορές στον τρόπο αντίληψης των ερεθισμάτων και στο επίπεδο επεξεργασίας τους. Συγκεκριμένα οι άνδρες φαίνεται ότι δείχνουν λιγότερη οπτική προσοχή και καταβάλλουν μικρότερη νοητική προσπάθεια κατά την παρατήρηση και των τριών περιβαλλόντων(δυσδιάστατο εικονικό, τρισδιάστατο εικονικό και πραγματικό). Τα ευρήματα στοχεύουν στη σχεδίαση κατάλληλων εκπαιδευτικών μαθησιακών περιβαλλόντων, αλλά και στη βαθύτερη μελέτη του ανθρώπινου εγκεφάλου.

Λέξεις κλειδιά: εικονικά περιβάλλοντα, γνωστικές δεξιότητες, διαφυλικές διαφορές, ηλεκτροεγκεφαλογραφία

Εισαγωγή

Η μελέτη των διαφυλικών διαφορών όσον αφορά σε γνωστικές δεξιότητες ξεκίνησε κατά τις δεκαετίες του 1950 και 1960 (Brimer, 1969; Caffrey, 1955). Εντούτοις, τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότεροι επιστημονικοί κλάδοι ασχολούνται με τη μελέτη των γνωστικών διαφυλικών διαφορών και μελετώνται από τρείς διαφορετικές επιστημονικές οπτικές: α) της ψυχολογίας με συμπεριφοριστικές πειραματικές μεθόδους και ψυχομετρικά τεστ, β) των επιστημών υγείας σε επίπεδο ανατομίας, νευρωνικής δομής και λειτουργίας και γ) της γνωσιακής επιστήμης σε επίπεδο εγκεφαλικής λειτουργίας και οργάνωσης με χρήση νευροαπεικονιστικών τεχνικών όπως και στην παρούσα μελέτη.

Οι γνωστικές διαφυλικές διαφορές διακρίνονται κατά βάση σε δύο μεγάλες κατηγορίες: α) στις χωρικές δεξιότητες όπου παρουσιάζονται να υπερέχουν οι άνδρες και β) στις λεκτικές δεξιότητες όπου παρουσιάζονται να υπερέχουν οι γυναίκες. Εντούτοις όμως υπάρχουν επιμέρους γνωστικές δεξιότητες που παρουσιάζουν διαφορετικά πρότυπα διαφυλικών διαφορών όπως για παράδειγμα η χωρική μνήμη και η χωρική οπτικοποίηση μέσω της τοποθέτησης αντικειμένων στο χώρο και της νοητικής συγκράτησης των θέσεών τους όπου παρουσιάζουν υπεροχή οι γυναίκες, καθώς και στη λεκτική ροή και τη λεκτική μνήμη υπό συνθήκες όπου παρουσιάζουν υπεροχή οι άνδρες (Kimura, 1992). Ο εντοπισμός των γνωστικών αυτών διαφυλικών διαφορών οδήγησε στη διατύπωση της υπόθεσης ότι η

Α. Τζιμογιάννης (επιμ.), Πρακτικά Εργασιών 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου
με Διεθνή Συμμετοχή «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση», τόμος ΙΙ, σ. 47-54
Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Κόρινθος, 23-26 Σεπτεμβρίου 2010

ύπαρξη τους μπορεί να είναι αποτέλεσμα μορφολογικών εγκεφαλικών διαφορών των δύο φύλων. (Cahill, 2006; Cosgrove et al., 2007; Vidal, 2005).

Οι βασικότερες από τις τεχνικές εγκεφαλικής απεικόνισης που εφαρμόζονται για τη μελέτη γνωστικών διεργασιών είναι η υπολογιστική αξονική τομογραφία, η τομογραφία μαγνητικού συντονισμού και λειτουργική μαγνητική τομογραφία, η τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων, και ηλεκτροεγκεφαλογραφία (ΗΕΓ). Η ΗΕΓ είναι μη επεμβατική και εύκολη στην εφαρμογή της, έχει μεγάλη χρονική ευαισθησία με ακρίβεια msec ίδιας δηλαδή τάξης μεγέθους με αυτή που πραγματοποιούνται οι ηλεκτρομαγνητικές αλλαγές της εγκεφαλικής λειτουργίας και εφαρμόζεται στη παρούσα μελέτη. Η επεξεργασία του ΗΕΓ σήματος αφορά συνήθως στη μελέτη της φασματικής του ανάλυσης σε συγκεκριμένες περιοχές συχνοτήτων, τους ρυθμούς, που συνδέονται με συγκεκριμένες γνωστικές λειτουργίες. Ο ρυθμός θ (4-8Hz) συνδέεται με συνειρμική μάθηση, προσοχή, ανάκτηση πληροφοριών. Ο ρυθμός α (8-13Hz) συνδέεται με καταστάσεις χαλάρωσης και νοητικής ηρεμίας, ενώ ο β (13-30Hz) συναντάται συνήθως κατά την εγρήγορση. Ο ρυθμός γ (>30Hz) συνδέεται με μνημονικές λειτουργίες καθώς και διεργασίες προσοχής και αντίληψης αντικειμένων.

Λίγες είναι οι αναφορές που χρησιμοποιούν την ΗΕΓ για τη μελέτη των γνωστικών διαφυλικών διαφορών, τα αποτελέσματα των οποίων συμφωνούν με αυτά των συμπεριφοριστικών μελετών. Από τις λεκτικές δεξιότητες μελετήθηκε κυρίως η λεκτική μνήμη (αποθήκευση και αναπαραγωγή λεκτικής πληροφορίας) και εντοπίστηκαν διαφυλικές διαφορές στην εγκεφαλική ενεργοποίηση τόσο κατά την αποθήκευση των πληροφοριών για τις φασματικές περιοχές (ρυθμούς) θ, α1 και α2 όσο και κατά την αναπαραγωγή τους στους ρυθμούς α1 και α2 (Astur et al., 1998; Chipman & Kimura, 1998; Volf & Razumnikova, 1999). Από τις χωρικές, μελετήθηκε η δεξιότητα της νοητικής περιστροφής, κατά την οποία διαφορές εστιάστηκαν στους ρυθμούς θ, β1, β2 (Rescher & Rapelsberger, 1999) καθώς και στον α1 όπου οι γυναίκες παρουσίασαν υψηλότερη ενδοημισφαιρική συσχέτιση μεταξύ αριστερών και δεξιών κεντρικών περιοχών και χαμηλότερη στις δεξιές κεντρικές και μετωπιαίες περιοχές (Corsi-Cabreraa et al., 1997).

Άλλες μορφές γνωστικών δεξιοτήτων που έχουν μελετηθεί με την ΗΕΓ είναι η αντίληψη συναισθημάτων όπου κάποιες μελέτες δεν καταγράφουν διαφυλικές διαφορές και κάποιες άλλες αναφέρουν μόνο λεπτές διαφορές ως προς την εγκεφαλική ενεργοποίηση (Lee et al., 2002; Morita et al., 2001; Wildgruber et al., 2002) και τη δεξιότητα διάκρισης εκφράσεων προσώπου όπου οι διαφορές εστιάστηκαν στο β ρυθμό στις ινιακές περιοχές με μεγαλύτερη ταλάντωση στις γυναίκες (Guntekin & Basar, 2007a; 2007b).

Με τη μελέτη των διαφυλικών διαφορών τα τελευταία χρόνια ασχολούνται και οι επιστήμες αγωγής δεδομένου ότι οι διαγνωσμένες πλέον γνωστικές διαφυλικές διαφορές έχουν αντίκτυπο και στις μαθησιακές διαδικασίες (Abiqail, 2007; 2009).

Στο πλαίσιο αυτό εντάσσεται και η παρούσα μελέτη που συνδυάζει το ενδιαφέρον των επιστημών αγωγής για τις γνωστικές διαφυλικές διαφορές με την παιδαγωγική αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (ΤΠΕ). Οι ΤΠΕ χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη γνωστικών δεξιοτήτων αρχικά με χρήση απλών υπολογιστικών περιβαλλόντων για να καταλήξουν στις πλέον σύγχρονες μεθόδους της εικονικής πραγματικότητας (Mikropoulos et al., 2004).

Όπως στον πραγματικό κόσμο, έτσι και στα εικονικά περιβάλλοντα (ΕΠ) η βασική υπόθεση είναι να αντιστοιχηθούν ΗΕΓ μεγέθη με γνωστικές και ψυχολογικές μεταβλητές, όπως προσοχή, αντίληψη, μνήμη, εγρήγορση, νοητικός φόρτος. Παρά τις επιφυλάξεις των ερευνητών, δεδομένου ότι οι μεταβλητές αυτές είναι πολυδιάστατες και δύσκολο να ταυτοποιηθούν, οι εγκεφαλικοί ρυθμοί του αυθόρμητου ΗΕΓ έχουν χρησιμοποιηθεί για να μελετηθεί η σχέση εγκεφάλου και συμπεριφοράς σε ΕΠ αν και οι προσπάθειες είναι ακόμη σε

εμβρυϊκό στάδιο (Mager, 2000; Mikropoulos, 2001; 2003; Pugnetti, 2001; Mikropoulos et al., 2004; Παπαχρήστος, 2006).

Σε αυτό το πλαίσιο τίθενται τα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα: είναι δυνατό να προσδιοριστεί η νευροφυσιλογική βάση της κατάστασης που βιώνεται σε ένα ΕΠ; είναι δυνατό να εκτιμηθεί νευροφυσιλογικά η ύπαρξη διαφυλικών γνωστικών διαφορών κατά την αλληλεπίδραση με εκπαιδευτικά εικονικά περιβάλλοντα (ΕΕΠ); Μία προσπάθεια προσέγγισης αυτών των θεμάτων αποτελεί η εν λόγω έρευνα.

Μέθοδος

Σκοπός της προκείμενης μελέτης είναι η συγκριτική διερεύνηση των γνωστικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα σε άνδρες και γυναίκες κατά την παθητική παρατήρηση εκπαιδευτικών εικονικών και όμοιων πραγματικών περιβαλλόντων. Ο ερευνητικός στόχος είναι να εντοπιστούν πιθανές διαφυλικές διαφορές των ΗΕΓ σημάτων κατά την παρατήρηση τριών πανομοιότυπων ως προς το περιεχόμενο περιβαλλόντων, ενός δισδιάστατου ΕΠ, ενός τρισδιάστατου και στερεοσκοπικού ΕΠ και ενός πραγματικού.

Το δείγμα αποτέλεσαν 18 συμμετέχοντες (9 άνδρες και 9 γυναίκες) οι οποίοι χωρίστηκαν σε δύο ομάδες σύμφωνα με το φύλο τους. Η επιλογή του δείγματος έγινε ώστε οι συμμετέχοντες να είναι δεξιόχειρες, να μην έχουν διαγνωσμένη μαθησιακή δυσκολία ή ψυχική νόσο, να μη λαμβάνουν φαρμακευτική αγωγή ή ουσίες που να επιδρούν στη λειτουργία του νευρικού συστήματος και να μην έχουν καταναλώσει ποσότητες καφεΐνης ή αλκοολούχων ποτών το τελευταίο 24ωρο. Οι παραπάνω έλεγχοι έγιναν με την απάντηση σε ερωτηματολόγιο που κατασκευάστηκε για αυτόν τον σκοπό. Το δείγμα είναι ομοιογενές τόσο ως προς το γνωστικό επίπεδο καθώς όλοι είναι φοιτητές του ίδιου Τμήματος, όσο και ως προς την ηλικία που κυμαίνεται μεταξύ 19 και 22 ετών, γεγονός που συνάδει με τη σταθεροποίηση των εγκεφαλικών ρυθμών άλφα οι οποίοι μεταβάλλονται σχεδόν μέχρι την εφηβεία.

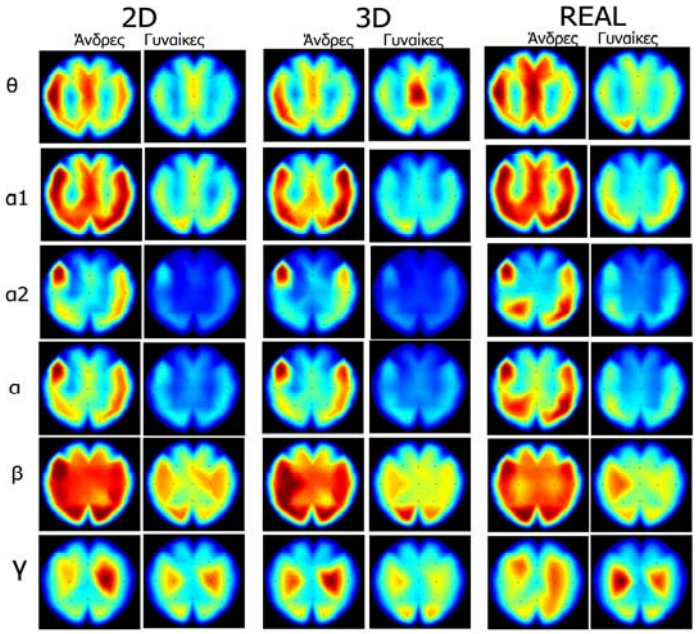
Η πειραματική διαδικασία έλαβε χώρα σε εργαστηριακό περιβάλλον προστατευμένο από ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις. Τα ερεθίσματα – περιβάλλοντα περιλάμβαναν μία ανοιχτόχρωμη επιφάνεια και τέσσερα γεωμετρικά στερεά (ένα τετράγωνο, μία πυραμίδα, μία σφαίρα και έναν πολυγωνικό κύλινδρος) πάνω της, η υφή των οποίων ήταν ξύλινη και το φόντο στο οποίο παρουσιαζόταν ανοιχτόχρωμο γκρι Η επιλογή έγινε με κριτήριο τη μεταξύ τους ομοιότητα και την ομοιότητα με τις εμπειρίες των συμμετεχόντων. Τα υποκείμενα κλήθηκαν να παρακολουθήσουν παθητικά (χωρίς αλληλεπίδραση και αποφεύγοντας άσκοπες σωματικές κινήσεις) ένα δυσδιάστατο ΕΠ στην οθόνη ενός υπολογιστή σε απόσταση 40cm, ένα τρισδιάστατο ΕΠ με τη χρήση στερεοσκοπικών γυαλιών και ένα πραγματικό περιβάλλον. Και τα τρία περιβάλλοντα παρουσιάζονταν στους συμμετέχοντες σε δέκα επαναλήψεις μεταξύ των οποίων τα τέσσερα αντικείμενα άλλαζαν θέση στο χώρο ενώ οι συμμετέχοντες άνοιγαν και έκλειναν τα μάτια τους κατόπιν προτροπής του ερευνητή με σκοπό την ελαχιστοποίηση των παρασίτων. Σε όλη τη διάρκεια της διαδικασίας καταγράφονταν συγχρόνως τα ηλεκτρικά σήματα που παρήγαγε ο εγκεφαλικός τους φλοιός. Η καταγραφή των ΗΕΓ σημάτων ήταν συνεχόμενη και κατά τη φασματικοί ανάλυση μελετήθηκαν οι εγκεφαλικοί ρυθμοί θήτα (4 - 8Hz), άλφα (α_1: 8 – 10Hz, α_2: 11 - 12Hz), βήτα (13 - 32Hz) και γάμα (33 - 40Hz).

Η καταγραφή του ΗΕΓ πραγματοποιήθηκε με 19 ενεργά ηλεκτρόδια (Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, T3, C3, Cz, C4, T4, T5, P3, Pz, P4, T6, O1, O2) που εφαρμόστηκαν στο κρανίο των υποκειμένων σύμφωνα με το διεθνές σύστημα 10/20. Ένα επιπλέον ηλεκτρόδιο στο μέτωπο χρησιμοποιήθηκε για γείωση, ενώ για αναφορά χρησιμοποιήθηκαν δύο ηλεκτρόδια προσαρμοσμένα στους λοβούς των αυτιών. Οι κατακόρυφες κινήσεις των ματιών

καταγράφηκαν διπολικά με χρήση δύο επικολλώμενων ηλεκτροδίων (ένα πάνω από το δεξιό μάτι και ένα κάτω από το αριστερό), και αντίστοιχα και οι οριζόντιες κινήσεις από δυο ηλεκτρόδια που εφαρμόστηκαν στις εξωτερικές πλευρές και των δύο ματιών. Όλες οι αντιστάσεις των ηλεκτροδίων ήταν κάτω από 5 ΚΩ. Η καταγραφή και επεξεργασία των ψηφιακών σημάτων ΗΕΓ έγινε με ψηφιακό εγκεφαλογράφο της gtec, η ποσοτική ανάλυση και τα γραφήματα πραγματοποιήθηκαν με το λογισμικό EEGproccessing που αναπτύχθηκε στο Εργαστήριο Εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, ενώ για την κατασκευή των φασματικών χαρτών απόλυτης ισχύος χρησιμοποιήθηκαν τα Excel και Matlab.

Αποτελέσματα

Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων μελετήθηκαν αρχικά οι φασματικοί χάρτες απόλυτης ισχύος με χρωματική κλίμακα που παρουσιάζουν τις εγκεφαλικές περιοχές που φέρονται να δραστηριοποιούνται. Οι χάρτες υπολογίστηκαν ξεχωριστά για κάθε ρυθμό, πειραματική ομάδα και πειραματική συνθήκη και παρουσιάζονται συνολικά στο Σχήμα 1. Σε όλους του χάρτες χρησιμοποιείται όμοια χρωματική κλίμακα όπου τα «θερμά» χρώματα (καφέ, κόκκινο) αντιστοιχούν σε υψηλές τιμές ισχύος, ενώ τα «ψυχρά» (μπλε) στις χαμηλές.



Σχήμα 1. Φασματικοί χάρτες απόλυτης ισχύος με χρωματική κλίμακα (2D: δυσδιάστατο, 3D: τρισδιάστατο, REAL: πραγματικό περιβάλλον)

Όπως γίνεται εμφανές από τη μελέτη των φασματικών χαρτών, η τοπολογία εξάπλωσης των εγκεφαλικών ρυθμών θήτα, άλφα, βήτα και γάμα είναι παρόμοια για τα δύο φύλα και στις τρείς πειραματικές συνθήκες. Διαφορά των δύο φύλων στην τοπολογία εξάπλωσης εντοπίζεται μόνο στην τρίτη πειραματική συνθήκη (REAL) στον άλφα ρυθμό όπου οι άνδρες παρουσιάζουν δραστηριότητα στην περιοχή του οπίσθιου βρεγματικού φλοιού που δεν

παρατηρείται στις γυναίκες. Οι παρατηρήσεις αυτές οδηγούν στο συμπέρασμα ότι και τα δύο φύλα χρησιμοποιούν τις ίδιες γνωστικές διεργασίες για να επεξεργαστούν κοινά ερεθίσματα.

Όσον αφορά στα επίπεδα εγκεφαλικής ενεργοποίησης στα δύο φύλα, πληροφορίες παρέχουν τα συγκριτικά γραφήματα όπου παρουσιάζονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0.05$) των απόλυτων τιμών ισχύος των δύο φύλων για κάθε πειραματική συνθήκη ξεχωριστά, τα ευρήματα από τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Επίπεδα εγκεφαλικής ενεργοποίησης

	Άνδρες	Γυναίκες
Ρυθμός θήτα (4 - 8 Hz)	**2D**: Στατιστικά σημαντική ενεργοποίηση στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού. **3D**: Ίδιο πρότυπο ενεργοποίησης με τη συνθήκη 2D με εξαίρεση τις περιοχές του δεξιού κροταφικού φλοιού (T_4) και την κεντρική μετωπιαία περιοχή (P_z). **REAL**: Ίδιο πρότυπο ενεργοποίησης με τη συνθήκη 2D με εξαίρεση τις περιοχές του αριστερού ινιακού φλοιού και του αριστερού κροταφικού φλοιού (T_3 και T_5).	**2D**: Δεν παρουσίασαν υπεροχή δραστηριότητας σε καμία εγκεφαλική περιοχή. **3D**: Στατιστικά σημαντική ενεργοποίηση στον πρόσθιο δεξιό κροταφικό φλοιό (T_4) και σε τμήμα του μετωπιαίου φλοιού (F_Z). **REAL**: Στατιστικά σημαντική ενεργοποίηση στην περιοχή του αριστερού ινιακού φλοιού.
Ρυθμός άλφα (α_1: 8 – 10 Hz) (α_2: 11 -12 Hz)	**2D**: Στατιστικά σημαντικότεροι άλφα ρυθμοί (τόσο χαμηλοί α_1 όσο και υψηλοί α_2) σε σχέση με τις γυναίκες στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού. **3D& REAL**: Ίδιο πρότυπο ενεργοποίησης με τη συνθήκη 2D.	Δεν παρουσίασαν υπεροχή δραστηριότητας άλφα ρυθμού σε καμία πειραματική συνθήκη.
Ρυθμός βήτα (13 -32 Hz)	**2D**: Στατιστικά σημαντικότεροι βήτα ρυθμοί σε σχέση με τις γυναίκες στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού. **3D**: Ίδιο πρότυπο ενεργοποίησης με τη συνθήκη 2D με εξαίρεση την περιοχή του πρόσθιου αριστερού κροταφικού φλοιού που η υπεροχή των ανδρών δεν παρουσίασε στατιστική σημαντικότητα. **REAL**: Ίδιο πρότυπο ενεργοποίησης με τη συνθήκη 2D με εξαίρεση τη δεξιά πρόσθια κροταφική περιοχή.	Παρουσίασαν στατιστικά σημαντική υπεροχή μόνο στο πραγματικό περιβάλλον στην περιοχή του δεξιού πρόσθιου κροταφικού φλοιού.
Ρυθμός γάμα (33 - 40 Hz)	**2D**: Στατιστικά σημαντική ενεργοποίηση στο δεξί ινιακό φλοιό, στον αριστερό βρεγματικό φλοιό (C_3) καθώς και σε ολόκληρο τον μετωπιαίο, προμετωπιαίο και κροταφικό φλοιό. **3D**: Στατιστικά σημαντική ενεργοποίηση στα ηλεκτρόδια F8, T_4, T_6, P_3, P_4, P_Z, C_4 και T_3. **REAL**: Στατιστικά σημαντική ενεργοποίηση στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με εξαίρεση τις περιοχές του ινιακού (O_1, O_2) καθώς και τις πρόσθιες κροταφικές περιοχές των δύο ημισφαιρίων (T_4, T_3).	**2D**: Στατιστικά σημαντική ενεργοποίηση στις περιοχές του οπίσθιου δεξιού κροταφικού φλοιού (T_6), του οπίσθιου βρεγματικού (P_3,P_4,P_Z) και του αριστερού οπτικού φλοιού. **3D**: Στατιστικά σημαντική ενεργοποίηση κυρίως στο αριστερό ημισφαίριο και συγκεκριμένα στα ηλεκτρόδια Fp1, Fp2, Fz, F_3, F_4,C_3, T_5, O_1 και O_2. **REAL**: Στατιστικά σημαντική ενεργοποίηση στις περιοχές του ινιακού φλοιού καθώς και τις πρόσθιες κροταφικές περιοχές των δύο ημισφαιρίων.

Συμπεράσματα

Η παρούσα μελέτη διερευνά διαφορές στην εγκεφαλική λειτουργία με έμφαση στις γνωστικές δεξιότητες που παρουσιάζονται όταν άνδρες και γυναίκες έρχονται σε επαφή με τρία διαφορετικά ερεθίσματα με βασικό εκπαιδευτικό περιεχόμενο. Τα τρία περιβάλλοντα

παρουσιάζουν τα ίδια ερεθίσματα, τέσσερα γεωμετρικά στερεά σε δυσδιάστατο, σε τρισδιάστατο και στεροσκοπικό, και σε πραγματικό περιβάλλον.

Η επεξεργασία των δεδομένων οδηγεί στα ακόλουθα συμπεράσματα:

1. Τόσο οι άνδρες όσο και οι γυναίκες επεξεργάζονται τα ίδια ερεθίσματα χρησιμοποιώντας τις ίδιες γνωστικές δεξιότητες καθώς και οι δύο ομάδες παρουσίασαν ενεργοποίηση στις ίδιες εγκεφαλικές περιοχές και στις τρείς πειραματικές συνθήκες για τους βασικούς εγκεφαλικούς ρυθμούς θήτα, άλφα, βήτα και γάμα.
2. Η αύξηση του θήτα ρυθμού σε κεντρικές εγκεφαλικές περιοχές έχει συνδεθεί με την εκτέλεση σύνθετων γνωστικών λειτουργιών. Από τη μελέτη των χαρτών παρατηρείται ότι οι άνδρες αντιλαμβάνονται ως πιο πολύπλοκες διεργασίες την παρακολούθηση του πραγματικού περιβάλλοντος και του δυσδιάστατου ΕΠ ενώ οι γυναίκες την παρακολούθηση του τρισδιάστατου ΕΠ.
3. Η ύπαρξη δραστηριότητας θήτα στη βρεγματική περιοχή τόσο των ανδρών όσο και των γυναικών και στις τρείς πειρατικές συνθήκες συνάδει με τη φύση των οπτικοχωρικών ερεθισμάτων και επιλεκτικής προσοχής, επαληθεύοντας αποτελέσματα προηγούμενων μελετών (Rugg & Dickens, 1982 Basar et al., 1999 & 2001).
4. Η παρόμοια δραστηριότητα που παρατηρείται τόσο στους άνδρες όσο και στις γυναίκες μεταξύ των προμετωπιαίων και οπίσθιων περιοχών για το θήτα ρυθμό και στις τρείς πειραματικές συνθήκες έρχεται σε συμφωνία με αποτελέσματα προηγούμενων μελετών κατά την εκτέλεση οπτικοχωρικών διεργασιών (Sarnthein et al., 1998).
5. Οι άνδρες φέρονται να εκτελούν εντονότερη νοητική εργασία από ότι οι γυναίκες και στις τρείς πειραματικές συνθήκες δεδομένου ότι παρουσιάζουν σημαντική δραστηριότητα βήτα ρυθμού στις πρόσθιες εγκεφαλικές περιοχές που έχει συνδεθεί τόσο με αυξημένη νοητική εργασία, όσο και με κατασκευή νοητικών εικόνων (Macaulay & Edmonds, 2004).
6. Η έντονη γάμα δραστηριότητα των ανδρών και των γυναικών και στις τρείς πειραματικές συνθήκες έρχεται σε συμφωνία με αποτελέσματα προηγούμενων μελετών που έχουν συνδέσει την παρουσία του γάμα ρυθμού με απόκριση σε αισθητηριακά ερεθίσματα κυρίως οπτικά, με εστίαση προσοχής στα ερεθίσματα όταν παρατηρείται έντονη δραστηριότητα στη βρεγματική περιοχή όπως συμβαίνει και στο παρόν πείραμα και στις τρεις πειραματικές συνθήκες (Basar, 1999; Basar et al, 1996; Kojo et al., 1993).
7. Οι γυναίκες παρουσιάζονται να φέρουν περισσότερο έντονη την αντίληψη της στερεοσκοπίας στη 3D συνθήκη, δεδομένου ότι ο ρυθμός γάμα έχει συνδεθεί με την αντίληψη της στερεοσκοπίας από προηγούμενες μελέτες (Dixon & Lear, 1964; Kahana et al., 2001)
8. Οι άνδρες παρουσιάζουν σημαντικά μεγαλύτερο άλφα ρυθμό και στις τρείς πειραματικές συνθήκες με μεγαλύτερη ένταση στις περιοχές του δεξιού κροταφικού φλοιού, γεγονός που οδηγεί στην υπόθεση ότι οι άνδρες δείχνουν λιγότερη οπτική προσοχή από ότι οι γυναίκες και καταβάλλουν μικρότερη νοητική προσπάθεια (Cremades et al., 2004; Klimesch, 1992; Ray, 1990).
9. Η έντονη άλφα δραστηριότητα που παρουσιάζουν οι άνδρες στις πλευρικές περιοχές και στα τρία πειραματικά περιβάλλοντα παραπέμπει στο συμπέρασμα ότι προβαίνουν σε νοερή απεικόνιση του εξωτερικού ερεθίσματος (Cole & Ray, 1985; Cooper et al., 2003).

Συνοπτικά, παρατηρήθηκε ότι τόσο οι άνδρες όσο και οι γυναίκες χρησιμοποίησαν τις ίδιες γνωστικές διεργασίες για την επεξεργασία των ερεθισμάτων τα οποία ορθώς έγιναν αντιληπτά ως οπτικοχωρικά ερεθίσματα. Διαφορές εντοπίστηκαν στο ότι οι γυναίκες φέρονται να εκτελούν πιο έντονη επεξεργασία πρωτογενών οπτικών δεδομένων στο τρισδιάστατο και στο πραγματικό περιβάλλον που το αντιλαμβάνονται ως πιο πολύπλοκο σε αντίθεση με τους άνδρες, οι οποίοι φέρονται να δείχνουν λιγότερη προσοχή και να καταβάλλουν μικρότερη νοητική προσπάθεια και στις τρείς συνθήκες, ενώ παράλληλα φέρονται να προσπαθούν να κατασκευάσουν νοητικές εικόνες των προβαλλόμενων κάθε φορά ερεθισμάτων. Τα συμπεράσματα της μελέτης, αν και δεν είναι εύκολα γενικεύσιμα, αναδεικνύουν την ανάγκη για σχεδίαση εκπαιδευτικών εικονικών περιβαλλόντων με μικρό βαθμό πολυπλοκότητας, αφού τα απλούστερα περιβάλλοντα δε δυσκολεύουν τις γυναίκες που επεξεργάζονται λεπτομερώς τα πρωτογενή οπτικά δεδομένα, ούτε και τους άνδρες που δημιουργούν ευκολότερα νοητικές εικόνες.

Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης είναι διερευνητικά και συνεισφέρουν σημαντικά στο πεδίο της βιολογικής βάσης της μάθησης και της σχεδίασης κατάλληλων εκπαιδευτικών πληροφορικών περιβαλλόντων για όλους. Η έρευνα συνεχίζεται αφενός με μεγαλύτερο δείγμα, κι αφετέρου με τη μελέτη ηλεκτρικής εγκεφαλικής δραστηριότητας σε εικονικά περιβάλλοντα με συγκεκριμένο εκπαιδευτικό περιεχόμενο.

Αναφορές

Astur Robert S., Ortiz Maria L., & Sutherland Robert J. (1998). A characterization of performance by men and women in a virtual Morris water task: A large and reliable sex difference. *Behavioural Brain Research*, 93, 185–190.

Basar, E. (1999). Brain function and oscillations. Integrative brain function. *Neurophysiology and Cognitive Processes*, *II,* Berlin Heidelberg: Springer.

Basar, E., Schurmann, M., & Sakowitz, O. (2001). The selectively distributed theta system: functions. *International Journal of Psychophysiology*, 39(2-3), 197-212.

Basar-Eroglu, C., Struber, Schurmann, M., Stadler, M., & Basar, E. (1996). Gamma-band responses in the braIn a short review of psychophysiological correlates and functional significance. *International Journal of Psychophysiology*, 24, 101-l 12.

Brimer, M. A. (1969). Sex differences in listening comprehension. *Journal of Research and Development in Education*, 9 171-179.

Caffrey, J. (1955). Adding ability at the secondary level. *Education,* 75, 303-310.

Cahill, L. (2006). Why sex matters for neuroscience. *Nature Reviews Neurosci*ence, 7, 447–448.

Chipman K., & Kimura D., (1998). An investigation of sex differences on incidental memory for verbal and pictorial material. *Learning and Individual Dilferences*, 10(4), 233-272.

Cole, H. W., & Ray, W. J. (1985). EEG correlates of emotional tasks related to attentional demands. *International Journal of Psychophysiology*, 3(1), 33-41.

Cooper. N. R., Croft, R. J., Dominey, S. J. J., Burgess. A. P., & Gruzelier, J. H. (2003). Paradox lost? Exploring the role of alpha oscillations during externally vs. internally directed attention and the implications for idling and inhibition hypotheses. *International Journal of Psychophysiology*, 47, 65-74.

Corsi-Cabreraa M., Arce C., Ramos J., & Guevara M., (1997). Effect of spatial ability and sex on inter- and intrahemispheric correlation of EEG activity. *Electroencephalography and clinical Neorophysiology*, 102, 5-11.

Cosgrove, K., Mazure, C.-M., & Staley, J., (2007). Evolving knowledge of sex differences in brain structure, function, and chemistry. *Biological Psychiatry*, 62, 847–855.

Cremades, J. G., Barreto, A., Sanchez, D., & Adjouadi, M. (2004). Human-computer interfaces with regional lower and upper alpha frequencies as on-line indexes of mental activity. *Computers in Human Behavior*, 20, 569-579.

Dixon, N. F., & Lear, T. E. (1964). Incidence of theta rhythm prior to awareness of a visual stimulus. *Nature,* 203, 167-170.

Guntekin, B. & Basar, E. (2007). Brain oscillations are highly influenced by gender differences. *International Journal of Psychophysiology*, 65, 294-299.

James, A. N. (2007). *Teaching the male brain: how boys think, feel, and learn in school*. Corwin Press.

James A. N. (2009). *Teaching the female brain: How girls Learn Math and Science*. Corwin Press.

Kahana, M. J., Seelig, D., & Madsen, J. R. (2001). Theta returns. *Current Opinion in Neurobiology*. 11, 739 - 744.

Kimura, D. (1992). Sex differences in the brain. *Scientific American*, 267,119-125.

Klimesch, W., Pfurtscheller, G., & Schimke, H. (1992). Pre- and post-stimulus processes in category judgement tasks as measured by event-related desynchronization (ERD). *Journal of Psychophysiology*, 6, 185-204.

Kojo, I., Liinasuo, M., & Rovamo, J. (1993). Spatial and temporal properties of illusory figures. *Vision Research*, 33, 897-901.

Lee, T. M., Liu, H. L., Hoosain, R., Liao, W. T., Wu, C. T., Yuen, K. S., Chan, C. C., Fox, P. T., & Gao, J. H., (2002). Gender differences in neural correlates of recognition of happy and sad faces in humans assessed by functional magnetic resonance imaging. *Neuroscience Letters*, 333, 13–16.

Macaulay, M., & Edmonds, E. (2004). Does frontal EEG beta have application in anxiety monitoring during computer-based learning? *Journal of Educational Computing Research*, 30(3) 229-241.

Mager, R., Bullinger, A. H., Roessler, A., Mueller-Spahn, F., & Stoermer, R. (2000). Monitoring brain activity during use of stereoscopic virtual environments. *CyberPsychology and Behavior,* 3(3), 407-415.

Mikropoulos, T. (2001). Brain activity on navigation in virtual environments. *Journal of Educational Computing Research*, 24(1), 1-12.

Mikropoulos, T. A. (2003). Brain research in science education research. In D. Psillos, P.Kariotoglou, V. Tselfes, E. Hatzikraniotis, G. Fassoulopoulos & M. Kallery (eds.), *Science Education Research in the Knowledge - Based Society* (pp. 353-360). Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.

Mikropoulos, T. A., Tzimas, E., & Dimou, G. E. (2004). Objective presence measures through electric brain activity. In M. A. Raya & B. R. Solaz (eds.), *Proceedings of the 7th Annual International Workshop on Presence* (pp. 259-265). Valencia.

Morita, Y., Morita, K., Yamamoto, M., Waseda, Y., & Maeda, H., (2001). Effects of facial affect recognition on the auditory P300 in healthy subjects. *Neuroscience Research*, 41, 89–95.

Müller, M. M., Gruber, T., & Keil, A. (2000). Modulation of induced gamma band activity in the human EEG by attention and visual information processing. *International Journal of Psychophysiology,* 38, 283-299.

Pugnetti, L., Meehan, M., & Mendozzi, L. (2001). Psychophysiological correlates of virtual reality: A review. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments,* 10, 384-400.

Ray, W. J. (1990). The electrocortical system. In J. T. Calliopo & L.G. Tassinary (eds.), *Principles of psychophysiology: physical, social and inferential elements* (pp. 385-412). New York: Cambridge University Press.

Rescher, B., & Rappelsberger, P., (1999). Gender dependent EEG-changes during a mental rotation task. *International Journal of Psychophysiology,* 33, 209-222.

Rugg, M. D., & Dickens, A. M. J. (1982). Dissociation of alpha and theta activity as a function of verbal and visuospatial tasks. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 53, 201-207.

Sarnthein, J., Petsche, H., Rappelsberger, P., Shaw, G. L., & Von Stein, A. (1998). Synchronization between prefrontal and posterior association cortex during human working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 95(12), 7092-7096, Retrieved 12 May 2010 from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC22750

Vidal, C., (2005). Brain, sex and ideology. *Diogenes*, 52, 127–133.

Volf, N.V., & Razumnikova, O.M. (1999). Sex differences in EEG coherence during a verbal memory task in normal adults, *International Journal of Psychophysiology,* 34(2), 113.

Wildgruber, D., Pihan, H., Ackermann, H., Erb, M., & Grodd, W., (2002). Dynamic brain activation during processing of emotional intonation: influence of acoustic parameters, emotional valence, and sex. *Neuroimage*, 15, 856–869.

Παπαχρήστος, Ν. (2006). *Εγκεφαλική δραστηριότητα κατά την παρατήρηση γεωμετρικών σχημάτων*. Μεταπτυχιακή διατριβή, ΠΤΔΕ Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.