

Εργαζόμενη μνήμη και μαθηματική ικανότητα παιδιών δημοτικού σχολείου

Χρήστος Μοσχίδης

Εισαγωγή

Στο χώρο της Γνωστικής Ψυχολογίας και σύμφωνα με τη προσέγγιση της θεωρίας της Επεξεργασίας των Πληροφοριών (*Information Processing Theory*), *Μαθηματική Ικανότητα* (*Mathematical Ability*) ορίζεται ως η ικανότητα χειρισμού *Μαθηματικών Έργων*. Είναι το σύνολο των νοητικών ενεργειών που πρέπει να πραγματοποιηθούν πάνω σε μαθηματικές έννοιες στη βάση εξειδικευμένων ικανοτήτων και γνώσεων, ώστε να επιτευχθεί ένας γνωστικός σκοπός. Ο χειρισμός κάθε *Μαθηματικού Έργου* είναι δυνατό να αναλυθεί σε μια ακολουθία νοητικών βημάτων επεξεργασίας, η οποία περιλαμβάνει την ενεργή συμμετοχή δομών του νου. Η θεωρία του *Εμπειρικού Βιωματικού Δομισμού* των Δημητρίου, Χρήστου, Σπανούδη και Πλατσίδου (Demetriou, Christou, Spanoudis & Platsidou: 2002) αναφέρεται στη *Μαθηματική Ικανότητα* εμπλέκοντας στη διαμόρφωσή της μεταξύ άλλων γνωστικών δομών, και το *Σύστημα Επεξεργασίας Πληροφοριών* (*Information Processing System*).

Ένα δυναμικό χαρακτηριστικό του *Συστήματος Επεξεργασίας* είναι η *Εργαζόμενη Μνήμη* (*Working Memory*), υπεύθυνη για την 'ενοποίηση, ενεργή διατήρηση και βραχύχρονη αποθήκευση των αποτελεσμάτων της επεξεργασίας' (Demetriou, Christou, Spanoudis & Platsidou, 2002). Τα αισθητηριακά δεδομένα που εισέρχονται στο γνωστικό σύστημα, μετατρέπονται σε αναπαραστάσεις και γίνονται αντικείμενο χειρισμού από την *Εργαζόμενη Μνήμη* (*EM*) μέσω του λεκτικού, του εικονικού ή του αριθμητικού συμβολικού συστήματος. Έτσι, οι χαρακτηρισμοί *Λεκτική* (*Verbal*), *Εικονική* (*Visual*) και *Αριθμητική* (*Numerical*) *EM* που χρησιμοποιούνται στη βιβλιογραφία, δε σημαίνουν την ύπαρξη ανεξάρτητων μνημονικών δομών, αλλά το συμβολικό σύστημα μέσα από το οποίο χειρίζονται τα δεδομένα (Δημητρίου, 1993). Η επιλογή συμβολικού συστήματος, διαφοροποιεί και τις επιδόσεις της *EM*.

Η θετική συσχέτιση της *EM* με τη *Μαθηματική Ικανότητα* έχει αποδειχτεί από πλήθος εργασίες (Gilhooly, 1988; Johnstone & AlNaeme, 1991; Newell & Simon 1972; Furst&Hitch, 2000; Geary&Widaman, 1987; Logie, Gilhooly,&Wynn, 1994). Ο Δημητρίου υποστηρίζει (1993) ότι η σχέση αυτή βασίζεται στο γεγονός ότι ο χειρισμός των δεδομένων ενός μα-

θηματικού έργου από την *ΕΜ* γίνεται στη βάση αποκλειστικά των καθαρών μαθηματικών συμβολικών συστημάτων. Τα καθαρά μαθηματικά σύμβολα αναπαριστούν με τη μεγαλύτερη πληρότητα τις έννοιες που περιγράφει το έργο. Έτσι, παρά το γεγονός ότι τα δεδομένα μπορούν να εκφράζονται μέσα από λέξεις ή και εικόνες, η αποτελεσματικότερη επεξεργασία τους απαιτεί ο χειρισμός τους από την *ΕΜ* να γίνεται με μαθηματικά σύμβολα. Η *Αριθμητική ΕΜ* είναι η μόνη που εμπλέκεται στο χειρισμό μαθηματικών έργων.

Στη θέση αυτή αντιτίθενται τα ευρήματα των εργασιών που δίνουν εμπειρική μαρτυρία για το ότι η *ΕΜ* των παιδιών σχολικής ηλικίας, συμβάλει στο χειρισμό μαθηματικών έργων στη βάση και του εικονικού (Maybery & Do, 2003; Gathercole, Pickering, Knight & Stegmann, 2004; Jarvis & Gathercole, 2003) και του λεκτικού συμβολικού συστήματος (Lemaire, Abdi, & Fayol, 1996; Seyler, Kirk, & Ashcraft, 2003; Seitz & Schumann-Hengsteler, 2000). Η συμβολή της *Λεκτικής* και της *Εικονικής ΕΜ* στη *Μαθηματική Ικανότητα* έχει καταγραφεί στις επιδόσεις των μαθητών δημοτικού σχολείου σε διαφορετικούς τύπους μαθηματικών έργων. Έργων που τα δεδομένα τους εκφράζονται μέσα από αφήγηση, πίνακες διπλής εισόδου και διαγράμματα, γεωμετρικά σχήματα και στερεά ή απαιτούν νοερούς υπολογισμούς (Anderson, 2007; Swanson & Sachse-Lee, 2001; Holmes & Adams, 2006; Holmes, Adams & Hamilton, 2008). Παράλληλα δείχτηκε ότι τα μικρότερα παιδιά χειρίζονται αποδοτικότερα έργα που παρουσιάζονται με εικόνες από ότι σε εκείνα που απαιτούν κατανόηση και χειρισμό λεκτικά παρουσιασμένων δεδομένων. Το αντίστροφο συμβαίνει με τα μεγαλύτερα παιδιά (Holmes & Adams, 2006; Holmes, Adams & Hamilton, 2008).

Ερευνητικά ερωτήματα

Το βασικό ερευνητικό ερώτημα της εργασίας ήταν αν η *Αριθμητική ΕΜ*, είναι η μόνη που εμπλέκεται στη *Μαθηματική Ικανότητα* των παιδιών ηλικίας δημοτικού σχολείου ή αν συνεισφέρουν επίσης η *Λεκτική* και η *Εικονική*. Η απάντηση στο βασικό ερώτημα θα αποτελούσε εμπειρική μαρτυρία συμφωνίας ή διαφωνίας με την προκατάληψη που σύμφωνα με τον *Εμπειρικό Βιωματικό Δομισμό* δείχνει η *ΕΜ* στο αριθμητικό συμβολικό σύστημα για το χειρισμό *Μαθηματικών Έργων*. Το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα αφορούσε την ιδιαίτερη συμβολή της *Αριθμητικής*, της *Λεκτικής* και της *Εικονικής ΕΜ*, στη διαμόρφωση της επίδοσης σε *Μαθηματικά Έργα* διαφορετικού τύπου. Η απάντηση στο δεύτερο ερευνητικό ερώτημα θα παρείχε εμπειρικά δεδομένα σχετικά με το αν ο χειρισμός διαφορετικών τύπων *Μαθηματικών Έργων* κινητοποιεί διαφορετικούς γνωστικούς μηχανισμούς ή όχι. Το τρίτο ερευνητικό ερώτημα αφορούσε την ιδιαίτερη συμβολή της *Αριθμητικής*, της *Λεκτικής*

και της *Εικονικής ΕΜ*, στη διαμόρφωση της επίδοσης σε *Μαθηματικά Έργα* διαφορετικού τύπου, σε κάθε τάξη του δημοτικού σχολείου. Η απάντηση στο τρίτο ερώτημα αναμένεται να αναδείξει το ρόλο της ηλικίας στον τρόπο με τον οποίο η *Αριθμητική*, η *Λεκτική* και η *Εικονική ΕΜ* συμμετέχουν στο χειρισμό *Μαθηματικών Έργων* διαφορετικού τύπου.

Μέθοδος

Οι συμμετέχοντες ήταν 74 μαθητές (39 αγόρια, 35 κορίτσια) δημοτικών σχολείων όλων των τάξεων. Κάθε τάξη εκπροσωπήθηκε με περίπου ίσο αριθμό μαθητών. Χρησιμοποιήθηκαν τα γνωστικά έργα μέτρησης της *Εικονικής*, της *Λεκτικής* και της *Αριθμητικής ΕΜ* όπως παρουσιάζονται στην εργασία των Demetriou, Christou, Spanoudis, Platsidou (2002). Τα έργα διαβαθμίζονταν σε έξι επίπεδα αυξανόμενης δυσκολίας, στο καθένα από τα οποία κάθε μαθητής δοκιμάστηκε δύο φορές. Η δυσκολία αφορούσε στον αριθμό των μονάδων πληροφοριών (λέξεις, αριθμοί, γεωμετρικά σχήματα) που έπρεπε να αναπαραχθούν κάθε φορά. Οι δύο δοκιμές στο κάθε επίπεδο δυσκολίας διαφοροποιήθηκαν με όρους συνθετότητας των μονάδων. Έτσι π.χ. η εύκολη δοκιμή του *Λεκτικού Έργου* περιλάμβανε ουσιαστικά παρουσιασμένα στην ονομαστική πτώση του ενικού αριθμού ενώ η δύσκολη δοκιμή ουσιαστικά στις πλάγιες πτώσεις και των δύο αριθμών (λάμπα-ρυζιού). Οι συμμετέχοντες σημείωσαν μία βαθμολογία για καθένα από τα τρία έργα μέτρησης της *ΕΜ* που δήλωνε το ανώτατο επίπεδο αλάνθαστης αναπαραγωγής των παρουσιασμένων μονάδων πληροφοριών σε τουλάχιστον μία από τις δύο δοκιμές.

Για τη μέτρηση της *Μαθηματικής Ικανότητας* των συμμετεχόντων κατασκευάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν έργα *Γεωμετρίας-Μετρήσεων-Μοτίβων*, *Λόγου* και *Νοερών Υπολογισμών*. Η συστηματοποίηση των Μαθηματικών Έργων στους τρεις αυτούς τύπους, στόχευε πρώτον, στην έκφραση των δεδομένων τους μέσα από εικόνες, λέξεις και αριθμούς αντίστοιχα. Αν τα δεδομένα των έργων, ανεξάρτητα του τρόπου έκφρασής τους, αναπαρίσταντο μόνο μέσα από το αριθμητικό συμβολικό σύστημα, η συμβολή της *Αριθμητικής ΕΜ* στο χειρισμό τους θα ήταν αποκλειστική. Σε διαφορετική περίπτωση αναμένονταν να αναφανεί ο ιδιαίτερος ρόλος καθενός τύπου *ΕΜ* στην αναπαράσταση και στο χειρισμό των *Μαθηματικών Έργων*. Δεύτερον, κάθε τύπος έργου απαίτησε διαφορετικές ικανότητες και γνώσεις στο χειρισμό του. Τρίτον, στην κατασκευή των έργων έγινε προσπάθεια να ληφθούν υπόψη οι διαφορές στο βαθμό ανάπτυξης του γνωστικού δυναμικού των παιδιών λόγω ηλικίας, αυξάνοντας τις απαιτήσεις χειρισμού τους από τάξη σε τάξη.

Έτσι, στα έργα *Γεωμετρίας-Μετρήσεων-Μοτίβων*, τα δεδομένα εκφράζονταν εικονικά και απαιτήσαν την ικανότητα α) μέτρησης (μήκος, χρόνος, χρήμα, βάρος, επιφάνεια), β) εντοπισμού θέσεων αντικειμένων στο χώρο και στο χρόνο, γ) κατασκευής γεωμετρικών μοτίβων κλπ., χωρίς εξωτερική βοήθεια. Ζητήθηκε γραπτή απάντηση. Στα *Έργα Λόγου*, τα δεδομένα εκφράζονταν λεκτικά και απαιτήσαν την ικανότητα εντοπισμού και χειρισμού δεδομένων σε ένα αφήγημα. Τα παιδιά έπρεπε να το διαβάσουν και να παρουσιάσουν γραπτή απάντηση χωρίς εξωτερική βοήθεια. Στα έργα *Νοερών Υπολογισμών*, τα δεδομένα εκφράζονταν αριθμητικά και μέτρησαν την ικανότητα εκτέλεσης νοερών πράξεων, μετατροπής (μονάδων μέτρησης, κλασμάτων, δεκαδικών), απόφασης για ισοδυναμίες κλασμάτων, υπολογισμού ποσοστών. Τα παιδιά έπρεπε να ακούσουν τα δεδομένα και να δώσουν προφορική απάντηση χωρίς εξωτερική βοήθεια.

Τα έργα που χρησιμοποίησε η παρούσα εργασία, κατασκευάστηκαν με απλή παραλλαγή των δεδομένων των *Μαθηματικών Έργων* των σχολικών εγχειριδίων. Τόσο η δομή όσο και ο τρόπος έκφρασης των δεδομένων τους, έμειναν ίδια. Ο ερευνητής έπρεπε κατά την κρίση του να αποφανθεί μόνο αν οι απαντήσεις ήταν σωστές ή λάθος. Έτσι, ξεκινώντας από το πρώτο τεύχος της Α' τάξης και καταλήγοντας στο τελευταίο τεύχος της Στ' τάξης, για όποιες διδακτικές ενότητες περιλάμβαναν τον αντίστοιχο κάθε φορά τύπο έργου, κατασκευάστηκαν άλλα, με παραλλαγή των δεδομένων των εγχειριδίων. Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας ήταν για κάθε τύπο *Μαθηματικού Έργου*, έξι φυλλάδια έργων, ένα για κάθε τάξη. Για τα *Γεωμετρίας - Μοτίβων - Μετρήσεων* κατασκευάστηκαν για τις 6 τάξεις 35 έργα. Για τα *Έργα Λόγου* 39 και για τα *Νοερών Υπολογισμών* 41. Τα φυλλάδια όλων των τύπων έργων που ετοιμάστηκαν, επιδόθηκαν σε ενεργούς δάσκαλους που εκτίμησαν τη δυσκολία τους (εύκολο-μέτριο-δύσκολο) για τα παιδιά των τάξεών τους. Κατόπιν, ο ερευνητής επέλεξε και κράτησε 3 έργα αυξανόμενης δυσκολίας για καθέναν από τους τρεις τύπους και για κάθε σχολική τάξη (3X3X6). Τα συνολικά 54 έργα που προέκυψαν, αποτέλεσαν το *Πρωτόκολλο Αξιολόγησης της Μαθηματικής Ικανότητας* που χρησιμοποιεί η παρούσα εργασία. Η επιλογή εύκολων, μέτριων και δύσκολων έργων, διασφάλιζε όμοιο βαθμό δυσκολίας στο χειρισμό κάθε τύπου *Μαθηματικού Έργου*, αποκλείοντας για παράδειγμα τη πιθανότητα, η πλειονότητα των *Έργων Λόγου* να είναι δύσκολα και αντίστοιχα των *Νοερών Υπολογισμών* εύκολα. Διατηρούσε επίσης το συνολικό αριθμό των έργων, στον ελάχιστο δυνατό και περιόριζε το χρόνο εφαρμογής του Πρωτοκόλλου Αξιολόγησης.

Ο κάθε μαθητής μετείχε ατομικά σε όλα τα έργα, σε μία σχολική μέρα. Η σειρά παρουσίασής τους ποίκιλε. Ειδικότερα, για τα *Γεωμετρίας - Μοτίβων - Μετρήσεων* κάθε συμμετέχοντας έπρεπε να απαντήσει στα έργα της

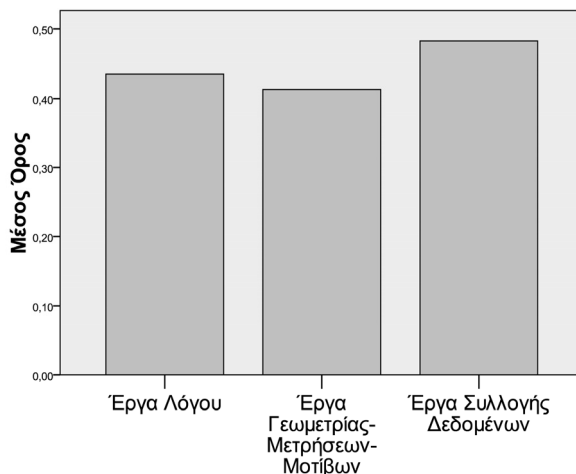
προηγούμενης τάξης από αυτή που φοιτούσε (πλην αυτών της Α'), της τρέχουσας και σε όσα των επόμενων τάξεων ήταν ικανός (πλην αυτών της Στ'). Στο τέλος της διαδικασίας σημειώνει τρεις βαθμολογίες, μία για κάθε τύπο έργου. Η κάθε βαθμολογία αντιπροσώπευε το άθροισμα όλων των επιτυχημένων απαντήσεων σε κάθε τύπο.

Αποτελέσματα αναλύσεων

Για να διαφανούν οι επιδόσεις του συνολικού δείγματος στους τρεις τύπους *Μαθηματικών Έργων*, διενεργήθηκε ανάλυση *Μέσου Όρου*. Στο γράφημα 1 είναι εμφανές ότι η υψηλότερη επίδοση του συνολικού δείγματος σημειώθηκε στα έργα *Νοερών Υπολογισμών* ενώ η χαμηλότερη στα έργα *Γεωμετρίας Μετρήσεων Μοτίβων*.

Γράφημα 1

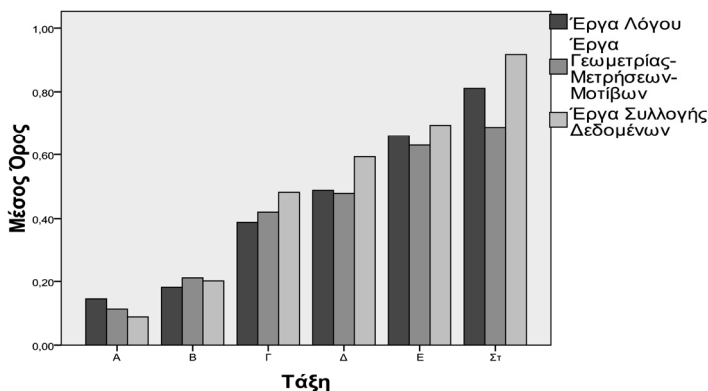
Οι επιδόσεις του συνολικού δείγματος στους τρεις τύπους *Μαθηματικών Έργων*



Επίσης, για να διαφανούν οι επιδόσεις της κάθε τάξης στους τρεις τύπους *Μαθηματικών Έργων*, διενεργήθηκε ανάλυση *Μέσου Όρου*. Από το γράφημα 2 γίνεται εμφανές ότι στις τάξεις Β', Γ' και Στ' η υψηλότερη επίδοση σημειώθηκε στα έργα *Νοερών Υπολογισμών* ενώ στις τάξεις Α', Δ', Ε' στα *Έργα Λόγου*. Αντίστοιχα στις τάξεις Α' και Στ' η χαμηλότερη επίδοση σημειώθηκε στα έργα *Γεωμετρίας Μετρήσεων Μοτίβων*, στις τάξεις Β' και Γ' στα *Έργα Λόγου* και στις τάξεις Δ' και Ε' στους *Νοερούς Υπολογισμούς*. Επίσης από το γράφημα 2 γίνεται εμφανές, ότι οι επιδόσεις των παιδιών βελτιώνονται σταθερά σε όλους τους τύπους των *Μαθηματικών Έργων* από την Α' έως και την Στ' τάξη.

Γράφημα 2

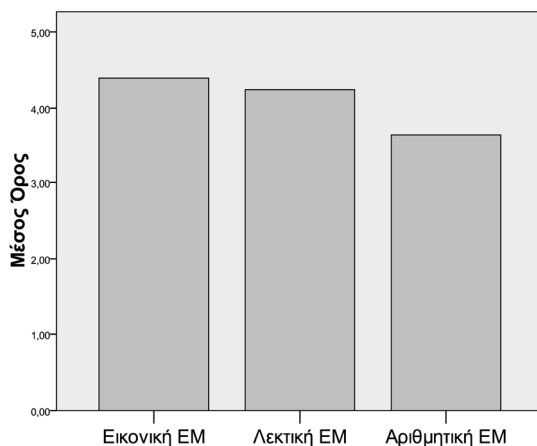
Οι επιδόσεις κάθε τάξης στους τρεις τύπους *Μαθηματικών Έργων*



Ακόμα, για να διαφανούν οι επιδόσεις του συνολικού δείγματος στους τρεις τύπους *ΕΜ*, διενεργήθηκε ανάλυση *Μέσου Όρου*. Στο γράφημα 3 φαίνεται ότι η υψηλότερη επίδοση του συνολικού δείγματος σημειώθηκε στα έργα της *Εικονικής* ενώ η χαμηλότερη στα έργα της *Αριθμητικής ΕΜ*.

Γράφημα 3

Οι επιδόσεις του συνολικού δείγματος στους τρεις τύπους της *ΕΜ*

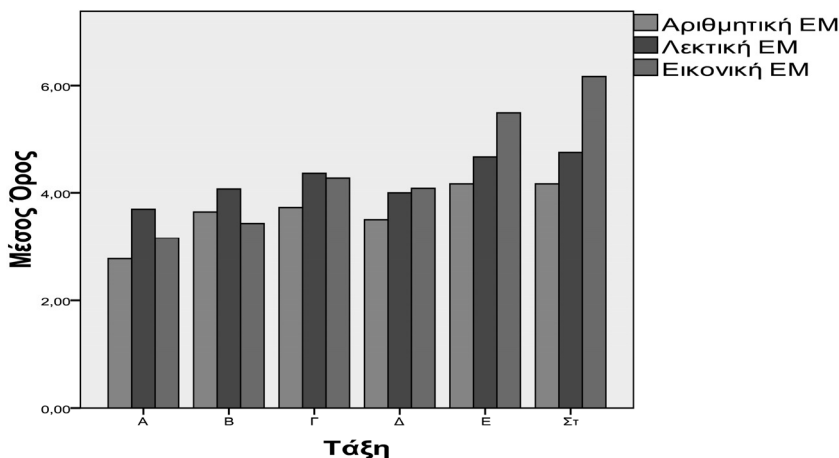


Τέλος, για να διαφανούν οι επιδόσεις της κάθε τάξης στους τρεις τύπους *ΕΜ*, διενεργήθηκε ανάλυση *Μέσου Όρου*. Το γράφημα 4 δείχνει ότι οι υψηλότερες επιδόσεις των παιδιών των τριών πρώτων τάξεων παρουσιάζονται στο έργο της *Λεκτικής* ενώ οι αντίστοιχες των τριών τελευταίων, στο έργο

της *Εικονικής ΕΜ*. Η επίδοση στο έργο της *Αριθμητικής ΕΜ*, εκτός από τη Β' τάξη όπου εμφανίζεται ως δεύτερη υψηλότερη, είναι σε όλες τις τάξεις η χαμηλότερη.

Γράφημα 4

Οι επιδόσεις κάθε τάξης στους τρεις τύπους της *ΕΜ*



Προκειμένου να διερευνηθεί η ύπαρξη διαφορών στις επιδόσεις του συνολικού δείγματος ως προς τους τρεις τύπους *Μαθηματικών Έργων*, εφαρμόστηκε στα δεδομένα που προέκυψαν από τις απαντήσεις των παιδιών στα *Μαθηματικά Έργα*, μία ανάλυση διακύμανσης (ANOVA): 1(σύνολο δείγματος) X 3(τύποι μαθηματικών έργων) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στον τελευταίο παράγοντα (Γιαλαμάς, 2007; Ρούσσοις&Τσαούσης, 2002). Η ανάλυση έδειξε ως σημαντική την επίδραση του τύπου του *Μαθηματικού Έργου* στις επιδόσεις του συνολικού δείγματος [$F(2,146)=14.393, p=0.000$].

Παρόμοια, για να διερευνηθεί η ύπαρξη διαφορών στις επιδόσεις κάθε τάξης ως προς τους τρεις τύπους *Μαθηματικών Έργων*, εφαρμόστηκε μία ανάλυση διακύμανσης (ANOVA): 6(τάξεις φοίτησης) X 3(τύποι μαθηματικών έργων) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στον τελευταίο παράγοντα. Η ανάλυση έδειξε ως σημαντική την επίδραση της τάξης φοίτησης στις επιδόσεις των παιδιών στους τρεις τύπους *Μαθηματικών Έργων* [$F(10,136) = 7.367, p=0.000$].

Για να διερευνηθεί η ύπαρξη διαφορών στις επιδόσεις του συνολικού δείγματος ως προς τους τρεις τύπους της *ΕΜ*, εφαρμόστηκε μία ανάλυση διακύμανσης (ANOVA): 1(σύνολο δείγματος) X 3(τύποι έργων *ΕΜ*) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στον τελευταίο παράγοντα. Η ανάλυση έδειξε ως σημαντική την επίδραση του τύπου της *ΕΜ* στις επιδόσεις του συνολικού δείγματος [$F(2,146)=10.330, p=0.000$].

Τέλος, για να διερευνηθεί η ύπαρξη διαφορών στις επιδόσεις κάθε τάξης ως προς τους τρεις τύπους έργων *ΕΜ* μία σειρά αναλύσεων διακύμανσης (ANOVA): 6(τάξεις φοίτησης) Χ 3(τύποι έργων *ΕΜ*) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στον τελευταίο παράγοντα. Η ανάλυση έδειξε ως σημαντική την επίδραση της τάξης φοίτησης στις επιδόσεις των παιδιών στους τρεις τύπους έργων *ΕΜ* [$F(2,144)=11.467, p=0.000$].

Για να διερευνηθεί η ικανότητα πρόβλεψης των ανεξάρτητων μεταβλητών (επιδόσεις του συνολικού δείγματος στα έργα *Λεκτικής*, *Εικονικής* και *Αριθμητικής ΕΜ*) στη μελλοντική *Μαθηματική Επίδοση* του συνολικού δείγματος έγινε μία ανάλυση πολλαπλής βηματικής παλινδρόμησης (stepwise multiple regression; Howitt, Cramer, 2007). Η ανάλυση έδειξε την επίδοση στο έργο της *Εικονικής ΕΜ* να εξηγεί το 35,9 % της διακύμανσης της *Μαθηματικής Επίδοσης* του συνολικού δείγματος [$F(1,72)=40.282, p=0,000$] και την επίδοση στο έργο της *Αριθμητικής ΕΜ* να εξηγεί ένα επιπλέον 9 % της διακύμανσης της ίδιας επίδοσης [$F(1,71)=11.579, p=0,001$]. Η *Μαθηματική Επίδοση* του συνολικού δείγματος συσχετίζεται με το μέσο όρο της επίδοσης στην *Εικονική* και στην *Αριθμητική ΕΜ*.

Επίσης, η ανάλυση έδειξε ότι δεν υπάρχει υψηλός βαθμός γραμμικής συσχέτισης μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών πρόβλεψης (επιδόσεις του συνολικού δείγματος στα έργα *Λεκτικής*, *Εικονικής* και *Αριθμητικής ΕΜ*; Μακράκης, 1997). Οι κυριότεροι δείκτες της ανάλυσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1

Πολλαπλή βηματική παλινδρόμηση μεταβλητών πρόβλεψης για τη μαθηματική επίδοση του συνολικού δείγματος

Μεταβλητή κριτήριο	Μεταβλητή πρόβλεψης	<i>R</i>	<i>R</i> ²	<i>Adj.R</i> ²	<i>B</i>	Τυπικό σφάλμα <i>b</i>	<i>Beta</i>	<i>t</i>	Σημαντικότητα <i>t</i>
<i>Μαθηματική Ικανότητα</i>	<i>Εικονική ΕΜ</i>	0,599	0,359	0,350	0,063	0,012	0,487	5,174	0,000
	<i>Αριθμητική ΕΜ</i>	0,670	0,449	0,433	0,084	0,025	0,320	3,403	0,001

Μεταβλητή κριτήριο	Μεταβλητή πρόβλεψης	<i>Tolerance</i>	<i>VIF</i>
<i>Μαθηματική Ικανότητα</i>	<i>Εικονική ΕΜ</i>	0,877	1,140
	<i>Αριθμητική ΕΜ</i>	0,877	1,140

Για να διερευνηθεί η συνολική ικανότητα πρόβλεψης των ανεξάρτητων μεταβλητών (επιδόσεις του συνολικού δείγματος στα έργα *Λεκτικής*, *Εικονικής* και *Αριθμητικής ΕΜ*) στη μελλοντική επίδοση του συνολικού δείγματος σε καθένα από τα *Μαθηματικά Έργα*, έγινε επίσης μια σειρά από αναλύσεις πολλαπλής βηματικής παλινδρόμησης. Οι αναλύσεις έδειξαν την επίδοση στο έργο της *Εικονικής ΕΜ* να εξηγεί το 32,8% της διακύμανσης της επίδοσης στο έργο *‘Γεωμετρία – Μετρήσεις - Μοτίβα’* [$F(1,72)=35,190, p=0,000$]. Η επίδοση στο έργο της *Αριθμητικής ΕΜ* βρέθηκε να εξηγεί ένα επιπλέον 8,8 % της διακύμανσης της επίδοσης στο ίδιο έργο [$F(1,72)=10,648, p=0,000$]. Οι μεγαλύτερες επιδόσεις του συνολικού δείγματος στα έργα *‘Γεωμετρία – Μετρήσεις - Μοτίβα’*, συσχετίζονται με την επίδοση στην *Εικονική* και στην *Αριθμητική ΕΜ*.

Στη συνέχεια δείχτηκε ότι η επίδοση στο έργο της *Εικονικής ΕΜ* εξηγούσε το 35,2 % της διακύμανσης της επίδοσης στο έργο *‘Νοεροί Υπολογισμοί’* [$F(1,72)=39,134, p=0,000$]. Η επίδοση στο έργο της *Αριθμητικής ΕΜ* βρέθηκε να εξηγεί ένα επιπλέον 9,9% της διακύμανσης της επίδοσης στο ίδιο έργο [$F(1,71)=12,597, p=0,001$]. Οι μεγαλύτερες επιδόσεις του συνολικού δείγματος στα έργα *‘Νοεροί Υπολογισμοί’*, συσχετίζονται με την επίδοση στην *Εικονική* και στην *Αριθμητική ΕΜ*.

Τέλος, φάνηκε η επίδοση στο έργο της *Εικονικής ΕΜ* να εξηγεί το 34 % της διακύμανσης της επίδοσης στα *‘Έργα Λόγου’* [$F(1,72)=37,152, p=0,000$]. Η επίδοση στο έργο της *Αριθμητικής ΕΜ* βρέθηκε να εξηγεί ένα επιπλέον 7,3 % της διακύμανσης της επίδοσης στο ίδιο έργο [$F(1,71)=25,013, p=0,000$]. Οι μεγαλύτερες επιδόσεις του συνολικού δείγματος στα *‘Έργα Λόγου’*, συσχετίζονται με την επίδοση στην *Εικονική* και στην *Αριθμητική ΕΜ*. Η επίδοση στο έργο της *Λεκτικής ΕΜ* δεν εξηγεί τη διακύμανση της επίδοσης οποιασδήποτε μεταβλητής κριτηρίου. Οι κυριότεροι δείκτες των αναλύσεων παρουσιάζονται συνολικά στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2

Πολλαπλή βηματική παλινδρόμηση μεταβλητών πρόβλεψης για τις επιδόσεις στα
Μαθηματικά Έργα του συνολικού δείγματος

Μεταβλητή κριτήριο	Μεταβλητή πρόβλεψης	<i>R</i>	<i>R</i> ²	<i>Adjust.R</i> ²	<i>B</i>	Τυπικό σφάλμα <i>b</i>	<i>Beta</i>	<i>t</i>	Σημαντι- κότητα <i>t</i>
Γεωμετρία Μετρήσεις Μοτίβα	Εικονική <i>ΕΜ</i>	0,573	0,328	0,319	0,054	0,011	0,462	4,775	0,000
	Αριθμητική <i>ΕΜ</i>	0,645	0,416	0,399	0,076	0,023	0,316	3,259	0,002

Μεταβλητή κριτήριο	Μεταβλητή πρόβλεψης	<i>R</i>	<i>R</i> ²	<i>Adjust.R</i> ²	<i>B</i>	Τυπικό σφάλμα <i>b</i>	<i>Beta</i>	<i>t</i>	Σημαντι- κότητα <i>t</i>
Νοεροί υπολογισμοί	Εικονική <i>ΕΜ</i>	0,593	0,352	0,343	0,064	0,013	0,477	5,071	0,000
	Αριθμητική <i>ΕΜ</i>	0,671	0,451	0,434	0,092	0,026	0,334	3,549	0,001

Μεταβλητή κριτήριο	Μεταβλητή πρόβλεψης	<i>R</i>	<i>R</i> ²	<i>Adjust.R</i> ²	<i>B</i>	Τυπικό σφάλμα <i>b</i>	<i>Beta</i>	<i>t</i>	Σημαντι- κότητα <i>t</i>
Έργα Λόγου	Εικονική <i>ΕΜ</i>	0,583	0,340	0,331	0,067	0,014	0,482	4,971	0,000
	Αριθμητική <i>ΕΜ</i>	0,643	0,413	0,397	0,083	0,028	0,288	2,972	0,004

Για να διερευνηθεί η συνολική ικανότητα πρόβλεψης των ανεξάρτητων μεταβλητών (επιδόσεις κάθε τάξης στα έργα *Λεκτικής*, *Εικονικής* και *Αριθμητικής ΕΜ*) στη μελλοντική επίδοση κάθε τάξης σε καθένα από τα *Μαθηματικά Έργα*, έγινε επίσης μια σειρά από αναλύσεις πολλαπλής βηματικής παλινδρόμησης. Αναφορικά με την Α' τάξη, οι αναλύσεις έδειξαν την επίδοση στο έργο της *Λεκτικής ΕΜ* να εξηγεί το 33,9 % της διακύμανσης της επίδοσης στο έργο 'Νοεροί Υπολογισμοί' [$F(1,11)=5,650$, $p=0,037$]. Η μεγαλύτερη επίδοση της Α' τάξης στο έργο 'Νοεροί Υπολογισμοί', συσχετίζεται με την επίδοση στη *Λεκτική ΕΜ*.

Για τη Β' τάξη, η επίδοση στο έργο της *Αριθμητικής ΕΜ* φάνηκε να είναι υπεύθυνη για το 43,8 % της διακύμανσης της επίδοσης στο έργο *‘Νοεροί Υπολογισμοί’* [$F(1,12)=9,352, p=0,010$]. Επίσης η επίδοση στο έργο της *Εικονικής ΕΜ* φάνηκε να είναι υπεύθυνη για το 34,4 % της διακύμανσης της επίδοσης στα *‘Έργα Λόγου’* [$F(1,12)=6,293, p=0,027$]. Οι μεγαλύτερες επιδόσεις της Β' τάξης στα έργα *‘Νοεροί Υπολογισμοί’* και *‘Έργα Λόγου’*, συσχετίζονται με τις επιδόσεις στην *Αριθμητική* και στην *Εικονική ΕΜ* αντίστοιχα.

Για τη Ε' τάξη, η επίδοση στο έργο της *Λεκτικής ΕΜ* φάνηκε να είναι υπεύθυνη για το 43,9 % της διακύμανσης της επίδοσης στο έργο *‘Νοεροί Υπολογισμοί’* [$F(1,10)=7,839, p=0,019$]. Οι μεγαλύτερες επιδόσεις της Ε' τάξης στο έργο *‘Νοεροί Υπολογισμοί’*, συσχετίζονται με τις επιδόσεις στη *Λεκτική ΕΜ*.

Για τις τάξεις Β', Δ' και Στ', καμία επίδοση στα έργα της *ΕΜ* δε βρέθηκε ικανή να προβλέψει οποιαδήποτε μελλοντική επίδοση σε οποιονδήποτε τύπο *Μαθηματικών Έργων*. Οι κυριότεροι δείκτες των αναλύσεων παρουσιάζονται συνολικά στον Πίνακα 3

Πίνακας 3

Πολλαπλή βηματική παλινδρόμηση μεταβλητών πρόβλεψης για τις επιδόσεις στα *Μαθηματικά Έργα* κάθε τάξης

Τάξη	Μεταβλητή κριτήριο	Μεταβλητή πρόβλεψης	<i>R</i>	<i>R</i> ²	<i>Adjust.R</i> ²	<i>B</i>	Τυπικό σφάλμα <i>b</i>	<i>Beta</i>	<i>t</i>	Σημαντικότητα <i>t</i>
Α'	<i>Νοεροί Υπολογισμοί</i>	<i>Λεκτική ΕΜ</i>	0,583	0,339	0,279	0,156	0,065	0,583	2,377	0,037

Τάξη	Μεταβλητή κριτήριο	Μεταβλητή πρόβλεψης	<i>R</i>	<i>R</i> ²	<i>Adjust.R</i> ²	<i>B</i>	Τυπικό σφάλμα <i>b</i>	<i>Beta</i>	<i>t</i>	Σημαντικότητα <i>t</i>
Β'	<i>Νοεροί Υπολογισμοί</i>	<i>Αριθμητική ΕΜ</i>	0,662	0,438	0,391	0,168	0,055	0,662	3,058	0,010
	<i>Έργα Λόγου</i>	<i>Εικονική ΕΜ</i>	0,587	0,344	0,289	0,104	0,041	0,587	2,509	0,027

Τάξη	Μεταβλητή κριτήριο	Μεταβλητή πρόβλεψης	R	R^2	$Ad-just. R^2$	B	Τυπικό σφάλμα b	$Beta$	t	Σημαντικότητα
Ε'	Νοεροί Υπολογισμοί	Λεκτική ΕΜ	0,663	0,439	0,383	0,062	0,022	0,663	2,800	0,019

Συζήτηση

Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων έδειξαν ότι οι μέσοι όροι των επιδόσεων στους τρεις τύπους *Μαθηματικών Έργων* τόσο του συνολικού δείγματος όσο και ανά τάξη, διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους. Η επίδραση του τύπου του *Μαθηματικού Έργου* προσδιόρισε αποφασιστικά τις επιδόσεις. Τα αποτελέσματα διαφώνησαν με εκείνα προγενέστερης έρευνας προερχόμενα από το βρετανικό curriculum, που δεν εντόπισαν διαφορές στις επιδόσεις των μαθητών σε διαφορετικούς τύπους *Μαθηματικών Έργων* (Holmes, Adams, 2006). Μία εξήγηση του ευρήματος θα μπορούσε να δοθεί από τη δομή των *Μαθηματικών Έργων* που χρησιμοποιήθηκαν. Συστηματοποιήθηκαν έτσι ώστε κάθε τύπος να εκφράζει τα δεδομένα του κυρίως μέσα από ένα συμβολικό σύστημα. Κάθε τύπος έργου απαιτήσε διαφορετικές μαθηματικές ικανότητες στο χειρισμό του, και από τάξη σε τάξη τα έργα ήταν απαιτητικότερα, λαμβάνοντας υπόψη τις αναπτυξιακές αλλαγές στο γνωστικό δυναμικό των παιδιών. Οι μέσοι όροι των επιδόσεων για το συνολικό δείγμα και ανά τάξη στα έργα των τριών τύπων *ΕΜ*, διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους. Η επίδραση του τύπου της *ΕΜ* προσδιόρισε αποφασιστικά τις επιδόσεις. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με τη θέση ότι τα δεδομένα που αναπαριστώνται κωδικοποιημένα σε διαφορετικά συμβολικά συστήματα, εγείρουν μοναδικές γνωστικές απαιτήσεις στο χειρισμό τους από την *ΕΜ* (Demetriou, Christou, Spanoudis, & Platsidou: 2002). Αναφάνηκαν επίσης διαφορές στην ανάπτυξη των τριών τύπων *ΕΜ* από τάξη σε τάξη. Για τις τρεις πρώτες τάξεις οι υψηλότερες επιδόσεις σημειώθηκαν στη *Λεκτική ΕΜ* ενώ για τις τρεις τελευταίες στην *Εικονική ΕΜ*. Επίσης, από τη Γ' στη Δ' τάξη οι επιδόσεις στα έργα και των τριών τύπων *ΕΜ* παρουσίασαν μικρή υποχώρηση. Τα αποτελέσματα διαφώνησαν με εκείνα προγενέστερης έρευνας όπου οι υψηλότερες επιδόσεις δείγματος στις ίδιο ηλικιακό φάσμα, σημειώθηκαν στα έργα της *Λεκτικής ΕΜ* ενώ οι χαμηλότερες στα έργα της *Εικονικής ΕΜ* και η ανάπτυξη των τριών τύπων της *ΕΜ* παρουσιάστηκε μονότονη, η βελτίωσή της είχε την ίδια μορφή (Πλατσίδου, Δημητρίου, 1995).

Για να αποκαλυφθούν οι αιτιώδεις σχέσεις ανάμεσα στις μεταβλητές που εξετάζε, η εργασία εφάρμοσε τη μέθοδο της πολλαπλής βηματικής πα-

λινδρόμησης. Η εφαρμογή μιας μεθόδου ανάλυσης ποσοτικών δεδομένων στο χώρο της Γνωστικής Ψυχολογίας, αιτιολογείται από τη θέση ότι με τη μελέτη ικανού αριθμού υποκειμένων, με πολλά έργα ταυτόχρονα, σε διάφορα εξελικτικά επίπεδα, μπορούν να προκύψουν πρότυπα απάντησης βασισμένα στις ατομικές διαφορές των συμμετεχόντων (Δημητρίου, 1993). Μολονότι η πολλαπλή βηματική παλινδρόμηση δεν μπορεί να αποκαλύψει την ύπαρξη αιτιατών σχέσεων μεταξύ μεταβλητών, παράγει γνώση που στηρίζει αιτιατά επιχειρήματα. Αποτελεί μια ισχυρή πολυμεταβλητή στατιστική τεχνική που μπορεί και εκτιμά, 'προβλέπει' μια ανεξάρτητη μεταβλητή από κάποιες εξαρτημένες. (Μακράκης, 1997). Βέβαια στις κοινωνικές επιστήμες η πρόβλεψη είναι σχετική, καθώς τα μελετώμενα φαινόμενα είναι πολυπαράγοντικά, ωστόσο γίνεται με σχετική ασφάλεια. Η εφαρμογή της πολλαπλής βηματικής παλινδρόμησης στα δεδομένα της παρούσας εργασίας, απέδωσε ένα σημαντικό ποσοστό της διακύμανσης της *Μαθηματικής Ικανότητας* του συνολικού δείγματος, στην *Εικονική* (34,9 %) και ένα μικρότερο στην *Αριθμητική ΕΜ* (9,8 %). Το εύρημα αυτό διαφώνησε με τη θέση του αποκλειστικού ρόλου της *Αριθμητικής ΕΜ* στη *Μαθηματική Ικανότητα* (Demetriou, Christou, Spanoudis, & Platsidou: 2002). Φαίνεται ότι τα παιδιά αναπαρέστησαν και χειρίστηκαν τα δεδομένα των *Μαθηματικών Έργων*, κύρια στο εικονικό συμβολικό σύστημα. Ο Heathcote (1994) υποστήριξε ότι τα παιδιά ενεργούν σαν να έχουν μπροστά τους έναν 'νοερό μαυροπίνακα' πάνω στον οποίο ενοποιούν, συγκρατούν και αποθηκεύουν βραχύχρονα δεδομένα. Η εξάρτηση από τις εικόνες για το χειρισμό σύνθετων και απαιτητικών έργων όπως τα μαθηματικά, είναι χαρακτηριστικό των παιδιών των μικρότερων τάξεων όπου το χαμηλό επίπεδο κατάκτησης της γλώσσας και η μειωμένη ικανότητα υπόρρησης επανάληψης των δεδομένων (subvocal rehearsal), περιορίζει την αποτελεσματική ενεργή διατήρησή τους στην *ΕΜ* (Adams & Hitch, 1997). Τα μικρότερα παιδιά διατηρούν με μεγαλύτερη επάρκεια ενεργά τα δεδομένα στην *ΕΜ* τους, όταν καταφεύγουν στη βοήθεια εικόνων. Αποφορτίζουν την *ΕΜ* τους από την απαίτηση για βραχύχρονη αποθήκευση και αξιοποιούν γνωστικούς πόρους για τις λειτουργίες της ενοποίησης και ενεργής διατήρησης (Logie, 1995). Ο Siegler (1986) επίσης υποστήριξε ότι, όταν το έργο είναι δύσκολο και απαιτεί σύνθετη επεξεργασία, ακόμα και τα παιδιά των μεγαλύτερων τάξεων μπορούν να προσφύγουν στη χρήση εικόνων για το χειρισμό του. Τα αποτελέσματα της εργασίας έδειξαν την επίδραση της *Εικονικής* και της *Αριθμητικής ΕΜ* στη *Μαθηματική Ικανότητα* του συνολικού δείγματος αλλά όχι της *Λεκτικής ΕΜ*. Σημειώθηκε ότι τα παιδιά καταφεύγουν στις εικόνες, ίσως για να αποφορτίσουν τη βραχύχρονη αποθήκευση και να ενισχύσουν τις υπολογιστικές ικανότητες της *ΕΜ* τους, υποδηλώνοντας ταυτόχρονα και τους περιορισμούς που ασκεί το επί-

πεδο της γλωσσικής τους επάρκειας στο χειρισμό των συγκεκριμένων έργων. Η καταφυγή σε εικόνες υποδεικνύει τη δυσκολία με την οποία τα παιδιά χειρίστηκαν τα *Μαθηματικά Έργα*.

Τα αποτελέσματα έδειξαν επίσης ένα σημαντικό ποσοστό των επιδόσεων του συνολικού δείγματος στους τρεις τύπους *Μαθηματικών Έργων*, να οφείλεται στην *Εικονική* (31,2 – 35,3 %) και επιπρόσθετα στην *Αριθμητική ΕΜ* (7,3 – 11,1 %). Διαφορετικοί τύποι *Μαθηματικών Έργων* παρουσίασαν ιδιαίτερες γνωστικές απαιτήσεις από την *ΕΜ*. Το εύρημα αυτό ήρθε σε συμφωνία με τη θέση των Maybery & Do (2003) και Gathercole, Pickering, Knight & Stegmann, (2004). Τα δεδομένα της ανάλυσης ανέδειξαν τη σχέση της *Λεκτικής ΕΜ* με τους *‘Νοερούς Υπολογισμούς’* για την Α’ και Ε’ τάξη. Η σχέση αυτή εντοπίζεται και σε προγενέστερες εργασίες (Adams & Hitch, 1997, 1998; Jarvis & Gathercole, 2003; Towse & Houston-Price, 2001). Η *Λεκτική ΕΜ* χειρίζεται δεδομένα κωδικοποιημένα στο λεκτικό συμβολικό σύστημα, συνεισφέροντας στα μικρότερα παιδιά, στην εφαρμογή των αλγόριθμων της πρόσθεσης, της αφαίρεσης και του πολλαπλασιασμού (Lemaire, Abdi & Fayol, 1996; Seitz & Schumann-Hengsteler, R, 2000; Seyler, Kirk, & Ashcraft, 2003), στη συγκράτηση των αποτελεσμάτων των ενδιάμεσων σταδίων του χειρισμού ενός έργου (Adams & Hitch, 1997). Στα μεγαλύτερα παιδιά η συμβολή της *Λεκτικής ΕΜ* στην ικανότητα νοερών υπολογισμών, αντανάκλα την αποτελεσματικότερη ενεργή διατήρηση δεδομένων με τη υπόρρητη επανάληψή τους, μια στρατηγική που βασίζεται στη γλώσσα (Palmer, 2000). Η *Αριθμητική ΕΜ* ερμήνευσε επίσης ένα σημαντικό ποσοστό της διακύμανσης της επίδοσης στους *‘Νοερούς Υπολογισμούς’* της Β’ τάξης. Η φύση των δεδομένων των έργων απαίτησε την αναπαράσταση και το χειρισμό τους, μέσα από το αριθμητικό συμβολικό σύστημα. Για τον Δημητρίου (1993), οι αριθμοί αποκαθαίνουν τα στοιχεία της πραγματικότητας από οποιοδήποτε ποιοτικό χαρακτηριστικό, εκφράζουν την πραγματικότητα ποσοτικοποιημένη, ως σύνθεση συναθροίσεων. Το αριθμητικό συμβολικό σύστημα καθορίζει επαρκέστερα τις ιδιότητες και τις σχέσεις που περιγράφονται μέσα από τους *Νοερούς Υπολογισμούς* για τη Β’ τάξη. Η απαίτηση για αποτελεσματικότερη επεξεργασία των δεδομένων των έργων, πρόταξε το χειρισμό τους από την *Αριθμητική ΕΜ*.

Η εργασία δεν παρείχε εμπειρικά δεδομένα για το ρόλο της *Λεκτικής ΕΜ* στη διαμόρφωση της *Μαθηματικής Ικανότητας* στο σύνολο των παιδιών. Επίσης κανένας τύπος *ΕΜ* δε βρέθηκε ικανός να προβλέψει οποιαδήποτε μελλοντική επίδοση σε οποιονδήποτε τύπο *Μαθηματικών Έργων* για τη Γ’ και Στ’ τάξη. Δεν αναδείχτηκε η αναμενόμενη εξάρτηση των μικρότερων παιδιών από εικονικές και αντίστοιχα των μεγαλύτερων παιδιών από λεκτικές αναπαραστάσεις, στο χειρισμό των *Μαθηματικών Έργων*. Οι περιορι-

σμοί αυτοί ίσως υπαγορεύτηκαν από το δείγμα και τα *Μαθηματικά Έργα* που χρησιμοποιήθηκαν. Περισσότεροι συμμετέχοντες, μεγαλύτερος αριθμός τύπων *Μαθηματικών Έργων* και μεγαλύτερο πλήθος ερωτήσεων σε κάθε τύπο, ενδεχόμενα να οδηγούσαν σε περισσότερες διαπιστώσεις.

Τα ευρήματα παρουσιάζουν ενδιαφέρον για την εκπαιδευτική πράξη καθώς μαρτυρούν ότι οι επιδόσεις στην *Εικονική* και στην *Αριθμητική ΕΜ* μπορούν να προβλέψουν ένα σημαντικό ποσοστό της μελλοντικής *Μαθηματικής Επίδοσης* των παιδιών ηλικίας δημοτικού σχολείου. Αναδεικνύουν επίσης την ανάγκη εφαρμογής τεχνικών εικονικής έκφρασης των δεδομένων (όπως η οπτικοποίηση, η μοντελοποίηση και η προσομοίωση), στους τύπους *Μαθηματικών Έργων* που χρησιμοποιήθηκαν. Η εργασία μελέτησε τη συνεισφορά της *ΕΜ* στη *Μαθηματική Ικανότητα* παιδιών ηλικίας δημοτικού σχολείου μέσα από τύπους *Μαθηματικών Έργων*. Η μελλοντική διερεύνηση του ρόλου και άλλων γνωστικών δομών που συνδιαμορφώνουν τη *Μαθηματική Ικανότητα*, θα έδινε χρήσιμες πληροφορίες στους εκπαιδευτικούς σχετικά με τις απαιτήσεις που εγείρουν από το γνωστικό σύστημα, τύποι *Μαθηματικών Έργων* που συμπεριλαμβάνονται στα σχολικά εγχειρίδια.

Βιβλιογραφία

- Adams, J. W., & Hitch, G. J. (1997). Working memory and children's mental addition. *Journal of Experimental Child Psychology*, 67, 21-38.
- Anderson, U. (2007). The contributions of working memory to children's mathematical word problem solving. *Applied Cognitive Psychology*, 21, 1201-1216.
- Γιαλαμάς, Β. (2007). *Στατιστικές τεχνικές και εφαρμογές στις επιστήμες της αγωγής*. Αθήνα, Πατάκης.
- Demetriou, A., Christou, C., Spanoudis, & G., Platsidou, M. (2002). The development of mental processing: Efficiency, working memory, and thinking. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 67(1, Serial No. 268).
- Δημητρίου, Α., (1993). *Γνωστική ανάπτυξη: Μοντέλα – μέθοδοι – εφαρμογές*. Θεσσαλονίκη, Art of text.
- Furst, A.,J., Hitch, G. (2000). Separate roles for executive and phonological components of working memory in mental arithmetic. *Memory & Cognition*, 28(5), 774-782.
- Gathercole, E.S., Pickering, J.S, Knight, C., & Stegmann, Z. (2004). Working memory skills and educational attainment: Evidence from national Curriculum assessments at 7 and 14 years of age, *Applied Cognitive Psychology*, 18, 1-16.
- Geary, D. C., & Widaman, K. F. (1987). Individual differences in cognitive arithmetic. *Journal of Experimental Psychology: General*, 116, 154-171.
- Gilhooly, K. J. (1988). *Thinking: Directed, undirected and creative* (2nd ed.). London: Academic Press

- Heathcote, D. (1994). The role of visuo-spatial working memory in the mental addition of multidigit addends. *Current Psychology of Cognition*, 13, 207–245.
- Holmes, J., & Adams, J.W. (2006). Working memory and children's mathematical skills: Implications for mathematical development and mathematics curricula. *Educational Psychology*, 26, 339–366.
- Holmes, J., Adams, J. W., & Hamilton, C.J. (2008). The relationship between visuospatial sketchpad capacity and children's mathematical skills. *European Journal of Cognitive Psychology*, 20 (2), 272–289.
- Howitt, D., Cramer, D., (2007). *Στατιστική με το SPSS 13*. Αθήνα, Κλειδάριθμος.
- Jarvis, H.L., & Gathercole, S.E. (2003). Verbal and non verbal working memory and achievements on national curriculum tests at 7 and 14 years of age. *Educational and Child Psychology*, 20, 123–140.
- Johnstone, A. H., & Al-Naeme, F. F. (1991). Room for scientific thought? *International Journal of Science Education*, 13, 187–192.
- Lemaire, P., Abdi, H., & Fayol, M. (1996). Working memory and cognitive arithmetic: Evidence from the disruption of the associative confusion effect. *European Journal of Cognitive Psychology*, 8, 73–103.
- Logie, R. H. (1995). *Visuo-spatial working memory*. Hove, UK: Lawrence Erlbaum Associates, Ltd.
- Logie, Gilhooly, Wynn (1994). Counting on working memory in arithmetic problem solving. *Memory & Cognition*, 22, (4), 395–410.
- Μακράκης, Β., (1997). *Ανάλυση Δεδομένων στην Επιστημονική Έρευνα με τη χρήση του SPSS*. Αθήνα, Gutenberg.
- Maybery, M.T., & Do, N. (2003). Relationships between facets of working memory and performance on a curriculum-based mathematics test in children. *Educational and Child Psychology*, 20, 77–92.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Palmer, S. (2000). Working memory: A developmental study of phonological recoding. *Memory*, 8(3), 179–193.
- Πλατσίδου, Μ., Δημητρίου, Α., (1995). Το σύστημα επεξεργασίας πληροφοριών: Μια μελέτη της δομής και της ανάπτυξής του. *Ψυχολογία*, 2(1), 41–67.
- Ρούσσος, Π., Τσαούσης, Π., (2002). *Στατιστική εφαρμοσμένη στις κοινωνικές επιστήμες*. Αθήνα, Ελληνικά Γράμματα.
- Seyler, D. J., Kirk, E. P., & Ashcraft, M. H. (2003). Elementary subtraction. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 29, 1339–1352.
- Seitz, K., & Schumann-Hengsteler, R. (2000). Mental multiplication and working memory. *European Journal of Cognitive Psychology*, 12, 552–570.
- Siegler, R. S. (1986). Unities in thinking across domains in children's strategy choices. In M. Perlmutter (Ed.), *Perspectives on intellectual development. Minnesota Symposium on Child Development (Vol. 19, pp. 1–48)*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Swanson, H. L., & Sachse-Lee, C. (2001). Mathematical problem solving and working memory in children with learning disabilities: Both executive and phonological

logical processes are important. *Journal of Experimental Child Psychology*, 79, 294–321.

Towse, J. N., & Houston-Price, C. M. T. (2001). Combining representations in working memory: A brief report. *British Journal of Developmental Psychology*, 19, 319–324.

Abstract

The present study examined the contribution of the working memory on the formation of math performance of elementary school children. The participants were 74 pupils aged 6-12 years. Tasks measuring the arithmetic, visual and verbal working memory and tasks of mathematical competence (word problem solving, handling data, mental arithmetic and geometry - patterns – measures), were used. The results showed that in addition to arithmetic, visual working memory was also been involved in the development of mathematical competence of the participants. Furthermore they were emerged the unique relations of all types of working memory with the types of mathematical tasks in each class.

Χρήστος Μοσχίδης

Δάσκαλος

Ομήρου 2, Ξάνθη ΤΚ: 67100

Τηλ.: 6972284303

E- mail: cmoschid@gmail.com