

Psychology: the Journal of the Hellenic Psychological Society

Vol 7, No 1 (2000)



A study on the structure and development of working memory in relation to the symbolic system and the complexity of information

Μαρία Πλατσίδου, Ανδρέας Δημητρίου

doi: [10.12681/psy_hps.24255](https://doi.org/10.12681/psy_hps.24255)

Copyright © 2020, Μαρία Πλατσίδου, Ανδρέας Δημητρίου



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

To cite this article:

Πλατσίδου Μ., & Δημητρίου Α. (2020). A study on the structure and development of working memory in relation to the symbolic system and the complexity of information. *Psychology: The Journal of the Hellenic Psychological Society*, 7(1), 114–133. https://doi.org/10.12681/psy_hps.24255

Μια μελέτη για τη δομή και την ανάπτυξη της εργαζόμενης μνήμης σε σχέση με το συμβολικό σύστημα και τη συνθετικότητα των πληροφοριών

ΜΑΡΙΑ ΠΛΑΤΣΙΔΟΥ

Πανεπιστήμιο Μακεδονίας

ΑΝΔΡΕΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ

Πανεπιστήμιο Κύπρου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της έρευνας ήταν να εξετάσουμε τη δομή και την ανάπτυξη της εργαζόμενης μνήμης, καθώς επεξεργάζεται πληροφορίες που ανήκουν σε διαφορετικά συμβολικά συστήματα και διακρίνονται ως προς τον τρόπο κωδικοποίησης (ακουστική, σημασιολογική, οπτική) και τη συνθετότητά τους (διαφοροποιούνται ως προς το μήκος των λέξεων και τη σημασία τους). Εξετάσαμε 120 παιδιά, ηλικίας 8-14 χρόνων, με απλά και πιο σύνθετα έργα συγκράτησης και ανάκλησης πληροφοριών που προέρχονταν από το γλωσσικό, το αριθμητικό και το εικονικό συμβολικό σύστημα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η δομή της εργαζόμενης μνήμης περιγράφεται ικανοποιητικά από το μοντέλο των Baddeley και Hitch (1974). Στα απλά έργα η ανάκληση των πληροφοριών ήταν καλύτερη από ό,τι στα σύνθετα, με μια εξαίρεση. Τέλος, η αποτελεσματικότητα της εργαζόμενης μνήμης επηρεάζεται από παράγοντες όπως το μήκος των λέξεων των πληροφοριών, η σημασιολογική κωδικοποίηση και η απεικονιστική συνθετότητά τους.

Λέξεις-κλειδιά: Επίδραση της σημασιολογικής κωδικοποίησης, Επίδραση του μήκους των λέξεων, Εργαζόμενη μνήμη.

Το μοντέλο της εργαζόμενης μνήμης

Η ικανότητα της συγκράτησης και ανάκλησης των πληροφοριών είναι μια κρίσιμη λειτουργία που ενεργοποιείται σε πολλές από τις φάσεις της επεξεργασίας πληροφοριών (Wickens, 1974). Για το λόγο αυτό, η διερεύνησή της γίνεται πολύ εντατικά τις τελευταίες δεκαετίες. Ένας από τους κύριους στόχους που κατευθύνουν την έρευνα είναι να περιγραφεί ένα μοντέ-

λο μνήμης που να μπορεί με τον πιο περιεκτικό και οικονομικό τρόπο να αποδίδει τη λειτουργία του ανθρώπινου μνημονικού συστήματος. Ως αποτέλεσμα αυτής της ερευνητικής δραστηριότητας, προτάθηκαν διάφορα μοντέλα μνήμης (π.χ., Atkinson & Shiffrin, 1971. Craik & Lockhart, 1972). Το πιο πρόσφατο, διευρημένο και επικρατέστερο, από πολλές απόψεις, είναι το μοντέλο της εργαζόμενης μνήμης των Baddeley και Hitch (1974).

Σημείωση: Το άρθρο αυτό βασίζεται στη διδακτορική διατριβή που εκπόνησε η πρώτη συγγραφέας στα πλαίσια ενός ερευνητικού προγράμματος για τη δομή και την ανάπτυξη του συστήματος επεξεργασίας πληροφοριών, υπό την εποπτεία του δεύτερου συγγραφέα.

Διεύθυνση: Μαρία Πλατίδου, Τμήμα Εκπαιδευτικής και Κοινωνικής Πολιτικής, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, 540 06 Θεσσαλονίκη. Τηλ.: 031-891396, E-mail: platsidu@macedonia.uom.gr

Σύμφωνα με αυτό, η δομή που ερμηνεύει τη λειτουργία του μνημονικού συστήματος είναι η εργαζόμενη μνήμη και αποτελείται από τρία εξειδικευμένα μέρη (Baddeley, 1986): το κεντρικό σύστημα ελέγχου και δύο επικουρικά συστήματα, το αρθρωτικό ή φωνολογικό κύκλωμα και την οπτικο-χωρική καταγραφή ή οπτικο-χωρικό σημειωματάριο (Cassells, 1994). Το κεντρικό σύστημα ελέγχου ενεργοποιείται για την προσωρινή συγκράτηση και επεξεργασία των πολύ απαιτητικών γνωστικών έργων. Είναι ένα ευέλικτο σύστημα που μπορεί να επεξεργάζεται πληροφορίες, οι οποίες προσλαμβάνονται από όλα τα αισθητήρια όργανα, και έχει περιορισμένη χωρητικότητα. Αυτό το σύστημα είναι υπεύθυνο για το συντονισμό των δύο επικουρικών συστημάτων και, ως ένα βαθμό, ταυτίζεται με την προσοχή. Το αρθρωτικό κύκλωμα ειδικεύεται στην προσωρινή συγκράτηση και επεξεργασία του λεκτικού και φωνολογικού, γενικότερα, υλικού. Διαθέτει και αυτό περιορισμένη χωρητικότητα. Εδώ οι πληροφορίες οργανώνονται με χρονικό και γραμμικό τρόπο και συγκρατούνται με τη βοήθεια της λεκτικής επανάληψης. Η οπτικο-χωρική καταγραφή αναφέρεται στη συγκράτηση και επεξεργασία πληροφοριών που αναπαρίστανται απεικονιστικά ή/και αφορούν σχέσεις χώρου. Η λειτουργία της παρομοιάζεται με τη χρήση ενός μπλοκ σημειώσεων ή ιχνογραφίας, γιατί η κωδικοποίηση των πληροφοριών στο σύστημα αυτό γίνεται με οπτική και χωροταξική μορφή (Logie & Baddeley, 1990).

Μια πληθώρα εμπειρικών δεδομένων που έχουν συλλεγεί από διάφορους ερευνητές (π.χ., Baddeley, 1991, 1997. Burgess & Hitch, 1992. Smyth & Pelky, 1992) στηρίζουν το μοντέλο της εργαζόμενης μνήμης. Το κεντρικό σύστημα ελέγχου και τα επικουρικά συστήματα της φωνολογικής και της οπτικο-χωρικής μνήμης φαίνεται ότι λειτουργούν παράλληλα και έχουν πεπερασμένη δυνατότητα ταυτόχρονης επεξεργασίας και αποθήκευσης (de Ribaupierre & Bailleux, 1994). Κατά συνέπεια, όσο λιγότερο επιβαρύνεται με πληροφορίες ή γνωστικές λειτουργίες την ίδια χρονική στιγμή, τόσο πληρέστερα γίνε-

ται η αποθήκευση των πληροφοριών και η επεξεργασία των γνωστικών έργων.

Παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκράτηση των πληροφοριών

Η ικανότητα του ατόμου για συγκράτηση και επεξεργασία πληροφοριών επηρεάζεται από ποικίλους παράγοντες, οι οποίοι καθορίζουν τις ενδοατομικές και τις διατομικές διαφορές στην εργαζόμενη μνήμη. Άλλοι παράγοντες, όπως η ηλικία, αναφέρονται σε ατομικά χαρακτηριστικά και άλλοι αφορούν τις προς συγκράτηση πληροφορίες, όπως είναι ο τρόπος κωδικοποίησης (π.χ., ακουστικός, σημασιολογικός), το είδος των πληροφοριών (π.χ., λέξεις, αριθμοί, σχήματα) και η συνθετότητά τους. Η επίδραση των παραγόντων αυτών έχει διερευνηθεί στον έναν ή στον άλλο βαθμό, στη διεθνή βιβλιογραφία, χωρίς η μελέτη τους να είναι εξαντλητική (βλ. de Ribaupierre & Hitch, 1994). Στο παρόν άρθρο, θα μελετήσουμε τους παράγοντες αυτούς σε σημεία που η προηγούμενη έρευνα δεν έχει επαρκώς φωτίσει.

Η κωδικοποίηση των πληροφοριών. Ο τρόπος κωδικοποίησης επηρεάζει τη συγκράτηση και ανάκληση των πληροφοριών. Η έρευνα έδειξε ότι, όταν πρόκειται για την άμεση ανάκληση λεκτικών πληροφοριών, η κωδικοποίηση είναι μάλλον ακουστική και όχι σημασιολογική (Baddeley, 1997). Παρατηρήθηκε ότι τα άτομα θυμούνται τις πληροφορίες περισσότερο με αναφορά στα ακουστικά ή αρθρωτικά χαρακτηριστικά τους παρά στο νόημά τους. Η σημασιολογική κωδικοποίηση είναι η πιο σημαντική μέθοδος που εγγυάται ότι το υλικό θα μαθευτεί και θα διατηρηθεί για καιρό (Craik & Lockhart, 1972). Συνήθως, η σημασιολογική κωδικοποίηση πραγματοποιείται όταν υπάρχουν χρονικά περιθώρια και ερεθίσματα (π.χ., ερωτήσεις ως προς το περιεχόμενο του υλικού) που να επιτρέπουν ή να προκαλούν πιο βαθιά επεξεργασία του υλικού (Baddeley, 1997). Τέλος, όταν πρόκειται για μη λεκτικό υλικό (πρόσωπα, εικόνες, κ.ά.), που

είναι δύσκολο να επαναληφθεί ακουστικά, η οπτική κωδικοποίηση είναι ο κύριος τρόπος που εφαρμόζεται για τη συγκράτησή του.

Το είδος των πληροφοριών. Η επίδραση του είδους των πληροφοριών στη συγκράτησή τους έχει να κάνει με την εξειδίκευση στην επεξεργασία που υποστηρίζει το μοντέλο της εργαζόμενης μνήμης. Ένα σημείο στο οποίο τα πορίσματα πολλών ερευνών συμφωνούν με το μοντέλο αυτό αφορά στη λειτουργία των δύο εξειδικευμένων συστημάτων, του αρθρωτικού κυκλώματος και της οπτικο-χωρικής καταγραφής. Οι Weinert, Schneider, και Knopf (1988) συνοψίζουν εμπειρικά δεδομένα τα οποία στηρίζουν την άποψη που πρώτος ο Ebbinghaus διατύπωσε στα τέλη του περασμένου αιώνα: η μνημονική επίδοση ερμηνεύεται καλύτερα από μια σειρά εξειδικευμένων, ως προς τη λειτουργία τους, μνημονικών συστημάτων παρά από ένα γενικό και αδιαφοροποίητο σύστημα. Το καθένα από τα ειδικά συστήματα είναι υπεύθυνο για τη συγκράτηση και ανάκληση πληροφοριών που αφορούν σε ένα συγκεκριμένο πεδίο της πραγματικότητας (π.χ., λεκτικό υλικό, εικόνες, κ.ά.).

Υπάρχουν ποικίλα ευρήματα που αναφέρονται στο πρότυπο ανάπτυξης της εργαζόμενης μνήμης, όταν συγκρατεί και επεξεργάζεται πληροφορίες που απευθύνονται στα δύο επικουρικά συστήματα (π.χ., λέξεις ή αριθμοί και εικόνες ή σχήματα, αντίστοιχα). Συγκεκριμένα, η Chi (1976) συνοψίζει έρευνες που εξέτασαν την προσωρινή συγκράτηση απλών μονάδων πληροφορίας που εκφέρονταν μέσα από διαφορετικά συμβολικά συστήματα αναπαράστασης: το αριθμητικό, το γλωσσικό και το εικονικό. Διαπιστώθηκε ότι τα πεντάχρονα παιδιά συγκρατούν, κατά μέσο όρο, 4.3 αριθμούς, 3.69 γράμματα, 4.3 συγκεκριμένες λέξεις και 4.15 γεωμετρικά σχήματα. Οι ενήλικες συγκρατούν, αντίστοιχως, 7.98 αριθμούς, 7.21 γράμματα, 5.86 λέξεις και 5.31 γεωμετρικά σχήματα. Τα ευρήματα αυτά δείχνουν ότι η ικανότητα συγκράτησης πληροφοριών βελτιώνεται, με την πάροδο της ηλικίας, σε διαφορετικό βαθμό στα τρία συμβολικά συστήματα. Η πιο σημαντική βελτίωση παρατηρεί-

ται στο αριθμητικό σύστημα, ακολουθεί το γλωσσικό και, τέλος, το εικονικό.

Εξάλλου, έρευνες που έγιναν για τον έλεγχο του μοντέλου της εργαζόμενης μνήμης έδειξαν ότι η ανάπτυξη του αρθρωτικού κυκλώματος είναι ταχεία μέχρι το τέλος της εφηβικής ηλικίας (Baddeley, 1986). Η ανάπτυξη της οπτικο-χωρικής καταγραφής, που έχει μελετηθεί λιγότερο, είναι φανερή στις ηλικίες από τα 5 ως τα 11 χρόνια (Logie & Baddeley, 1990. Wilson, Scott, & Power, 1987). Τέλος, η ανάπτυξη του κεντρικού συστήματος ελέγχου είναι σχετικά πιο αργή (Henry, 1991).

Η συνθετότητα των πληροφοριών. Είναι γνωστό ότι, δεδομένης της περιορισμένης χωρητικότητας της εργαζόμενης μνήμης, συγκρατούνται περισσότερες απλές μονάδες πληροφορίας από ό,τι σύνθετες (Baddeley, 1997. Miller, 1956). Η επίδραση της συνθετότητας των υπό επεξεργασία πληροφοριών στην εργαζόμενη μνήμη έχει μελετηθεί σε ποικίλες έρευνες. Οι Daneman και Carpenter (1980) εξέτασαν τη συγκράτηση πληροφοριών με έργα που ήταν σχετικώς σύνθετα: σε κάθε σειρά από (μία έως επτά) προτάσεις, τα υποκείμενα έπρεπε να επιλέγουν και να συγκρατούν ορισμένες λέξεις (π.χ., την τελευταία σε κάθε πρόταση) και να τις ανακαλούν όλες μαζί στο τέλος της σειράς. Διαπιστώθηκε ότι οι φοιτητές πανεπιστημίου μπορούσαν να συγκρατούν από 2 ως 5 λέξεις, με μέσο όρο 3.15. Οι Case, Kurland και Goldberg (1982) εξέτασαν παιδιά ηλικίας 3 και 6 ετών και ενήλικες με σύνθετα γνωστικά έργα: σε μια σειρά καρτών, τα υποκείμενα έπρεπε να μετρούν και να συγκρατούν ξεχωριστά τις κόκκινες και πράσινες κουκίδες και να ανακαλούν τους αριθμούς κάθε κάρτας όταν ολοκληρωνόταν η παρουσίαση όλης της σειράς. Η ικανότητα συγκράτησης ήταν 2.95 μονάδες στα παιδιά των 3 χρόνων, 4.49 στα παιδιά των 6 χρόνων και 4.36 στους ενήλικες. Είναι φανερό ότι οι επιδόσεις αυτές είναι χαμηλότερες από τις επιδόσεις που αναφέρονται από την Chi (1976). Οι τελευταίες αφορούσαν στη συγκράτηση και άμεση ανάκληση απλών μονάδων πληροφορίας που παρουσιάζο-

ταν χωρίς να παρεμβάλλονται άλλες πληροφορίες ή επεξεργασίες. Τέλος, άλλοι ερευνητές (Δημητρίου, 1993. Pascual-Leone, 1984. Πλατσίδου, 1994) έδειξαν ότι όσο πιο σύνθετα είναι τα γνωστικά έργα, τόσο περισσότερο επιβαρύνεται η εργαζόμενη μνήμη για να ανταποκριθεί αποτελεσματικά στην επεξεργασία.

Ο Baddeley (1991, 1997) μελέτησε συστηματικά την επίδραση της συνθετότητας των πληροφοριών στην εργαζόμενη μνήμη και κατέδειξε ως σημαντικές δύο παραμέτρους. Η μια αφορά στην επίδραση του μήκους των λέξεων, ή της διάρκειας εκφώνησης, και η άλλη αφορά στη μασιασολογική κωδικοποίηση.

Είναι γνωστό ότι το άτομο μπορεί να συγκρατήσει τόσες μονάδες πληροφορίας που εκφέρονται προφορικά ή/και κωδικοποιούνται ακουστικά, όσες μπορεί να αρθρώσει μέσα σε δύο δευτερόλεπτα (Baddeley, 1986). Έχει βρεθεί ότι η εργαζόμενη μνήμη μπορεί να επεξεργαστεί, σε μια δεδομένη μονάδα χρόνου, περισσότερες ολιγοσύλλαβες λέξεις από ό,τι πολυσύλλαβες (Baddeley, Lewis, & Vallar, 1984. Henry, 1994). Επιπλέον, οι λέξεις που έχουν τον ίδιο αριθμό συλλαβών αλλά περιλαμβάνουν περισσότερα φωνήεντα έχουν μεγαλύτερη διάρκεια εκφώνησης (π.χ., βιολι) και γι' αυτό συγκρατούνται δυσκολότερα από ό,τι οι λέξεις με μικρότερη διάρκεια εκφώνησης (π.χ., παιδί) (Baddeley, 1997). Με άλλα λόγια, το μήκος των λέξεων ή η διάρκεια εκφώνησης είναι μια καθοριστική παράμετρος για την ανάκλησή τους. Διαπιστώθηκε ότι η επίδραση αυτής της παραμέτρου είναι φανερή ήδη από τα 4 χρόνια, όταν η παρουσίαση των ερεθισμών είναι προφορική, και από τα 7-8 χρόνια, όταν η παρουσίαση είναι οπτική (Hitch, Halliday, Dodd, & Littler, 1989).

Η δεύτερη παράμετρος που επηρεάζει τη συνθετότητα των πληροφοριών προϋποθέτει ότι οι πληροφορίες κωδικοποιούνται σημασιολογικά, τουλάχιστον ως ένα βαθμό. Είναι γεγονός ότι οι πληροφορίες με την απλούστερη σημασία αποθηκεύονται και ανακαλούνται με μεγαλύτερη επιτυχία από τις πιο σύνθετες (π.χ., οι μονοψήφιοι-διψήφιοι στην περίπτωση των αριθμών,

Miller, 1956). Ο Baddeley (1991) βρήκε ότι οι λέξεις που είναι οικείες στο άτομο συγκρατούνται πιο εύκολα από ό,τι οι λέξεις με άγνωστη ή ασαφή σημασία, ακόμη κι όταν αυτές δε διαφέρουν ως προς το μήκος τους (π.χ., λαχανικό, αλγόριθμος). Τέλος, σε ό,τι αφορά στις οπτικο-χωρικές πληροφορίες, οι Schumann-Hengsteler, Demmel και Seitz (1992) βρήκαν ότι υπάρχει πολύ μικρή βελτίωση στη συγκράτησή τους από παιδιά των 5 και των 11 χρόνων, όταν οι πληροφορίες δε διαφοροποιούνται ως προς τη συνθετότητά τους.

Στόχοι της έρευνας

Στην έρευνα αυτή μελετήσαμε την εργαζόμενη μνήμη με δύο κατηγορίες έργων, απλά και σύνθετα, τα οποία περιλάμβαναν το ίδιο είδος πληροφοριών: λέξεις, αριθμούς, εικόνες και σχήματα. Έχει διαπιστωθεί ότι η εργαζόμενη μνήμη, κάθε φορά που προσλαμβάνει πληροφορίες προς συγκράτηση, εφαρμόζει αυτόματα κάποιου είδους επεξεργασία (π.χ., αναγνώριση του ερεθισμού, απόδοση σημασίας, κ.ά.), ακόμη και σε έναν ελάχιστο, μη συνειδητό ίσως, βαθμό (de Ribaupierre & Bailleux, 1994). Όταν η επεξεργασία είναι απλή (π.χ., συγκράτηση και άμεση ανάκληση των πληροφοριών), μπορεί να διεξαχθεί από τους μηχανισμούς ελέγχου που είναι εγγενείς στο αρθρωτικό κύκλωμα και την οπτικο-χωρική καταγραφή. Αν η επεξεργασία είναι πιο απαιτητική (π.χ., επιλογή και ανάκληση ορισμένων μόνο πληροφοριών), τότε ενεργοποιείται και το κεντρικό σύστημα ελέγχου (Baddeley, 1991). Η έρευνα σχεδιάστηκε με δύο στόχους.

Ο πρώτος στόχος μας ήταν να βρούμε το μοντέλο που μπορεί να ερμηνεύσει με τον καλύτερο τρόπο την επίδοση σε έργα που απαιτούσαν απλή και σύνθετη επεξεργασία για τη συγκράτηση και ανάκληση λεκτικών και οπτικο-χωρικών πληροφοριών. Το μοντέλο της εργαζόμενης μνήμης (Baddeley & Hitch, 1974) χρησίμευσε ως η κύρια πηγή για τη διατύπωση των υποθέσεών

μας, αφού τα έργα μας απαιτούσαν επεξεργασίες που ενεργοποιούσαν ή όχι το κεντρικό σύστημα ελέγχου και εξετάζαν πληροφορίες που απευθύνονταν στο αρθρωτικό κύκλωμα ή/και στην οπτικο-χωρική καταγραφή.

Ο δεύτερος στόχος μας ήταν να διερευνήσουμε την επίδραση που ασκεί η συνθετότητα των λεκτικών και οπτικο-χωρικών πληροφοριών στη συγκράτησή τους. Όπως έδειξαν οι έρευνες που προαναφέραμε (π.χ., Baddeley, 1991, 1997), οι λέξεις που έχουν μεγαλύτερο μήκος ή είναι σημασιολογικά πιο σύνθετες συγκρατούνται πιο δύσκολα από ό,τι οι πιο απλές. Στο παρόν άρθρο, εξετάστηκε η συγκράτηση πληροφοριών που διαφοροποιούνταν συστηματικά ως προς αυτούς τους παράγοντες. Συγκεκριμένα, εξετάσαμε σειρές από διψήφιους αριθμούς που διέφεραν ως προς το μήκος των αντίστοιχων λέξεων ή/και ως προς τη σημασιολογική τους συνθετότητα (π.χ., αποτελούνταν μόνο από δεκάδες; 30, ή από δεκάδες και μονάδες; 37). Εξετάσαμε, ακόμη, σειρές από δισύλλαβες λέξεις που εκφέρονταν σε διάφορες πτώσεις ενικού και πληθυντικού αριθμού. Η εναλλαγή των πτώσεων και του αριθμού διαφοροποιούσε τις πληροφορίες ως προς τη σημασιολογική συνθετότητά τους, σε μικρό βαθμό αλλά συστηματικά. Από όσο γνωρίζουμε, οι παράμετροι αυτές εξετάζονται για πρώτη φορά στην ελληνική γλώσσα. Μάλιστα, η ελληνική γλώσσα έχει μορφολογικά χαρακτηριστικά (όπως η γραμματική διαφοροποίηση των πτώσεων) που λείπουν από την αγγλική, στην οποία έγιναν οι περισσότερες σχετικές έρευνες. Τέλος, εξετάσαμε την επίδραση της συνθετότητας οπτικο-χωρικών πληροφοριών, οι οποίες κωδικοποιούνται με οπτικό κυρίως τρόπο. Η απεικονιστική συνθετότητα των πληροφοριών διαφοροποιούταν συστηματικά.

Μέθοδος

Συμμετέχοντες στην έρευνα

Εξετάστηκαν 120 παιδιά που προέρχονταν,

ανά 30, από τις ηλικίες των 8, 10, 12 και 14 ετών και φοιτούσαν, αντιστοίχως, στη Γ' και Ε' τάξη Δημοτικού και στην Α' και Γ' τάξη Γυμνασίου του Πειραματικού Σχολείου Θεσσαλονίκης. Κατάγονταν από οικογένειες που ανήκαν στο μέσο και το ανώτερο κοινωνικο-οικονομικό επίπεδο. Τα δύο φύλα αντιπροσωπεύονταν εξίσου σε κάθε ομάδα ηλικίας.

Έργα

Για τη μέτρηση της εργαζόμενης μνήμης κατασκευάστηκαν δύο συστοιχίες έργων, που περιλάμβαναν τρία έργα η καθεμιά. Κάθε έργο της πρώτης συστοιχίας εξέταζε τη συγκράτηση πληροφοριών που προέρχονταν από το ίδιο συμβολικό σύστημα: το γλωσσικό, το αριθμητικό και το εικονικό, αντίστοιχα. Στη δεύτερη συστοιχία, τα έργα ήταν πιο σύνθετα ως προς την επεξεργασία που απαιτούσαν. Το καθένα εξέταζε τη συγκράτηση πληροφοριών που προέρχονταν από δύο από τα προαναφερθέντα συμβολικά συστήματα αναπαράστασης, με τρόπο που θα εξηγηθεί παρακάτω.

Η κατασκευή των έργων έγινε κατά το ίδιο πρότυπο και στις δύο συστοιχίες. Κάθε έργο περιλάμβανε ένα σύνολο από πληροφορίες προς απομνημόνευση, οι οποίες ήταν συγκροτημένες σε επτά επίπεδα δυσκολίας (βλ. και Mogg, 1994). Το πρώτο επίπεδο περιλάμβανε μία μονάδα πληροφορίας, το δεύτερο δύο, κ.ο.κ. Τέλος, το έβδομο επίπεδο περιλάμβανε επτά μονάδες πληροφορίας. Έργα των συμμετεχόντων ήταν να συγκρατήσουν και να ανακαλέσουν με γραμμικό τρόπο όλες τις πληροφορίες που περιλάμβανε το κάθε επίπεδο δυσκολίας (για μια λεπτομερή περιγραφή των έργων βλ. Πλατσίδου, 1994. Πλατσίδου & Δημητρίου, 1995).

Η συστοιχία των απλών έργων. Τη συστοιχία αυτή αποτελούσαν τρία έργα, το γλωσσικό, το αριθμητικό και το εικονικό έργο, τα οποία εξέταζαν τη συγκράτηση πληροφοριών που ήταν λέξεις, αριθμοί και σχήματα, αντιστοίχως. Οι πληροφορίες ήταν ομαδοποιημένες σε επτά επίπε-

δα δυσκολίας. Το καθένα περιλάμβανε τρεις ανεξάρτητες δοκιμές, οι οποίες αντιστοιχούσαν σε διαφορετικές συνθήκες συνθετότητας των πληροφοριών, όπως θα εξηγηθεί παρακάτω.

Το γλωσσικό έργο εξέταζε τη συγκράτηση λέξεων που δήλωναν συγκεκριμένα ουσιαστικά και είχαν υψηλή συνειρμική αξία, μεγαλύτερη από 6.00, σύμφωνα με τη μέτρηση του Μάνιου-Βακάλη, Κωσταρίδου-Ευκλείδη, και Συγκολίτου (1979). Η παρουσίαση των λέξεων γινόταν προφορικά. Στην πρώτη δοκιμή, όλες οι λέξεις ήταν στην ονομαστική πτώση του ενικού αριθμού (π.χ., χτένα, βροχή). Στη δεύτερη, οι λέξεις εκφέρονταν στην ονομαστική του πληθυντικού αριθμού (π.χ., ξύλα, χιόνια) και στην τρίτη δοκιμή σε πλάγιες πτώσεις του ενικού και του πληθυντικού αριθμού (π.χ., λάμπας, κήπους). Σε κάθε δοκιμή, όλες οι λέξεις ήταν δισύλλαβες και δεν επαναλαμβάνονταν ποτέ η ίδια λέξη σε άλλη πτώση ή αριθμό.

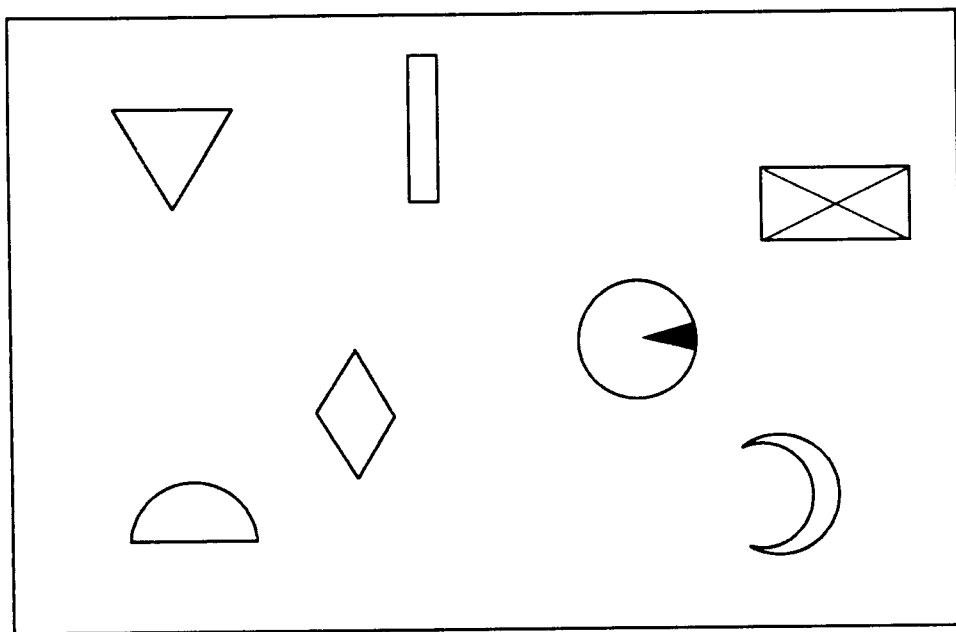
Οι τρεις δοκιμές αντιστοιχούσαν σε διαφορετικές συνθήκες σημασιολογικής συνθετότητας: η πρώτη δοκιμή ήταν η απλούστερη, ως προς το νόημα, ενώ η τρίτη ήταν η πιο σύνθετη. Με τον τρόπο αυτό θέλαμε να εξετάσουμε αν τέτοιες λεπτές διαφοροποιήσεις στη σημασιολογική συνθετότητα των πληροφοριών θα αντανakλούνται στις μνημονικές επιδόσεις (Baddeley, 1997). Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει η κωδικοποίηση των πληροφοριών να είναι όχι μόνο ακουστική αλλά και σημασιολογική, τουλάχιστον σε κάποιο βαθμό (Craik & Lockhart, 1972).

Το αριθμητικό έργο εξέταζε τη συγκράτηση διψήφιων αριθμών που παρουσιάζονταν προφορικά. Εδώ οι τρεις δοκιμές που περιλάμβανε κάθε επίπεδο δυσκολίας (και αντιστοιχούσαν σε τρεις συνθήκες συνθετότητας) οριζόνταν με αναφορά στο μήκος των λέξεων και στη σημασιολογική συνθετότητα των πληροφοριών. Στην πρώτη δοκιμή, παρουσιάζονταν διψήφιοι αριθμοί που αντιπροσώπευαν δεκάδες (π.χ., 80, 30, 70). Στη δεύτερη δοκιμή οι αριθμοί αποτελούσαν από όμοια ψηφία (π.χ., 66, 22, 55) και στην τρίτη οι αριθμοί αποτελούνταν από δύο διαφορετικά ψηφία (π.χ., 48, 23, 79). Με άλλα λόγια, οι

πληροφορίες στη δεύτερη και την τρίτη δοκιμή είχαν μεγαλύτερο μήκος λέξεων από ό,τι στην πρώτη. Η δεύτερη δοκιμή δε διέφερε από την τρίτη ως προς το μήκος των λέξεων, αλλά περιλάμβανε πληροφορίες που, αν κωδικοποιούνταν σημασιολογικά, ήταν απλούστερες από εκείνες της τρίτης.

Το εικονικό έργο περιλάμβανε μια σειρά από κάρτες που απεικόνιζαν ένα σύνολο από γεωμετρικά σχήματα (βλ. Σχήμα 1). Ο αριθμός των σχημάτων κυμαινόταν από έναν έως επτά στα αντίστοιχα επίπεδα δυσκολίας. Κάθε κάρτα παρουσιαζόταν στο παιδί για συγκεκριμένο χρόνο που ποίκιλε συστηματικά, ανάλογα με το πλήθος των σχημάτων που απεικόνιζε (βλ. Πλατισίδου, 1994). Στη συνέχεια, η κάρτα αποσυρόταν και το παιδί έπρεπε να την αναπλάσει πιστά, επιλέγοντας τα κατάλληλα από ένα σύνολο σχημάτων που είχε μπροστά του και τοποθετώντας τα πάνω σε μια λευκή κάρτα, στον ίδιο προσανατολισμό και στην ίδια θέση που είχαν στην αρχική κάρτα. Ο προσανατολισμός αναφερόταν στο αν τα σχήματα ήταν όρθια, πλάγια ή ανάποδα. Η θέση αφορούσε στην τοποθέτηση των σχημάτων, πάνω στη λευκή κάρτα, στη σωστή απόσταση από τα άλλα σχήματα και το περίγραμμα της κάρτας. Στις δύο τελευταίες δοκιμές απαιτούνταν η εφαρμογή της ικανότητας συντονισμού ενός αριθμού σημείων αναφοράς (Demetriou, Efklides, & Platsidou, 1993). Στη δεύτερη δοκιμή τα σημεία αναφοράς ήταν σταθερά (π.χ., ο προσανατολισμός κάθε σχήματος με αναφορά στο πλαίσιο της κάρτας), ενώ στην τρίτη δοκιμή υπήρχαν σταθερά και μεταβαλλόμενα σημεία (π.χ., οι αποστάσεις του κάθε σχήματος κρινόταν σε σχέση με το περίγραμμα της κάρτας και τη θέση των άλλων σχημάτων).

Καθένα από τα επτά επίπεδα δυσκολίας του έργου περιλάμβανε τρεις δοκιμές που αντιστοιχούσαν σε διαφορετικές συνθήκες απεικονιστικής συνθετότητας των πληροφοριών που εξέταζαν. Στην πρώτη δοκιμή αξιολογούνταν η συγκράτηση του είδους των σχημάτων, στη δεύτερη η ανάκληση του σωστού προσανατολισμού των σχημάτων, και στην τρίτη η ανάκληση της



Σχήμα 1
Ένα παράδειγμα από το εικονικό έργο της απλής συστοιχίας

θέσης των σχημάτων πάνω στην κάρτα.

Σε όλα τα έργα η εξέταση προχωρούσε από τα χαμηλά προς τα υψηλότερα επίπεδα δυσκολίας, όσο ο εξεταζόμενος ανακαλούσε σωστά μια τουλάχιστον από τις τρεις δοκιμές του ίδιου επιπέδου. Όταν αποτύχαινε και στις τρεις δοκιμές του ίδιου επιπέδου δυσκολίας, η εξέταση σταματούσε. Κάθε έργο αξιολογούνταν με τρεις βαθμούς, που κυμαίνονταν από το 1 ως το 7, και αντιστοιχούσαν στις τρεις δοκιμές. Οι βαθμοί δήλωναν το υψηλότερο επίπεδο δυσκολίας στο οποίο είχε επιτύχει το άτομο σε κάθε δοκιμή.

Η συστοιχία των σύνθετων έργων. Η συστοιχία αυτή περιλάμβανε τρία έργα, τα οποία είχαν υψηλότερες απαιτήσεις επεξεργασίας από εκείνα της πρώτης συστοιχίας. Κάθε έργο περιλάμβανε μονάδες πληροφορίας που προέρχονταν από δύο συμβολικά συστήματα αναπαράστασης: ήταν αριθμοί και λέξεις, στο πρώτο έρ-

γο, αριθμοί και σχήματα, στο δεύτερο, και λέξεις και εικόνες χρωμάτων, στο τρίτο. Οι συμμετέχοντες έπρεπε να επιλέξουν προς συγκράτηση ορισμένες μόνο μονάδες πληροφορίας, ανάλογα με την εντολή που τους δινόταν.

Η κατασκευή των έργων έγινε με τις ίδιες αρχές όπως και στα έργα της πρώτης συστοιχίας. Κάθε έργο διακρινόταν σε επτά επίπεδα δυσκολίας και το κάθε επίπεδο περιλάμβανε δύο δοκιμές, οι οποίες δε διακρινόταν ως προς τη συνθετότητά τους, όπως στα προηγούμενα έργα. Εδώ, σε κάθε δοκιμή, ζητιόταν η ανάκληση ενός από τα δύο είδη πληροφοριών που εξέταζε το κάθε έργο.

Το γλωσσικό-αριθμητικό έργο εξέταζε τη συγκράτηση μιας σειράς λέξεων ή αριθμών που θα έπρεπε, προηγουμένως, να επιλεγούν μέσα από ένα σύνολο προτάσεων (π.χ., "ο εργάτης έβαψε τρεις πόρτες", "το τετράδιο έχει εννιά φύλλα",

κ.ο.κ.). Στο τέλος κάθε σειράς προτάσεων, ο εξεταζόμενος έπρεπε να ανακαλέσει είτε το υποκείμενο κάθε πρότασης (π.χ., "εργάτης, τετράδιο"), είτε τον αριθμητικό προσδιορισμό κάθε πρότασης (π.χ., "τρεις, εννιά"). Με άλλα λόγια, στην πρώτη δοκιμή κάθε επιπέδου δυσκολίας θα έπρεπε να ανακληθούν μόνο οι πληροφορίες που ήταν ουσιαστικά, ενώ στη δεύτερη δοκιμή μόνον οι αριθμητικές πληροφορίες. Επειδή το έργο εκφερόταν προφορικά και σε πεζό λόγο, μπορεί να θεωρηθεί κανείς ότι είναι προκατειλημμένο προς το γλωσσικό συμβολικό σύστημα (Demetriou et al., 1993).

Το αριθμητικό-εικονικό έργο αποτελούσαν σειρές από κάρτες. Κάθε κάρτα απεικόνιζε ένα έγχρωμο σχήμα: ένα τρίγωνο ή έναν κύκλο σε χρώμα κόκκινο ή πράσινο. Σε κάθε σειρά καρτών, το παιδί έπρεπε να μετρά ξεχωριστά τα σχήματα και να θυμάται τον αριθμό τους (πόσα ήταν τα τρίγωνα και πόσοι οι κύκλοι) και τα χρώματα (πόσα ήταν τα κόκκινα και πόσα τα πράσινα σχήματα). Στο τέλος κάθε σειράς, το παιδί έπρεπε να ανακαλέσει, ανάλογα με την εντολή που του δινόταν, είτε τον αριθμό ενός από τα σχήματα που απεικόνιζαν οι κάρτες (στην πρώτη δοκιμή), είτε τον αριθμό ενός από τα χρώματα (στη δεύτερη δοκιμή). Με άλλα λόγια, ο εξεταζόμενος έπρεπε να επεξεργαστεί πληροφορίες που παρουσιάζονταν οπτικά (ανήκαν, δηλαδή, στο εικονικό συμβολικό σύστημα), εφαρμόζοντας σε αυτές μια καταμέτρηση (δηλαδή, μια επεξεργασία που προσιδίαζε στο αριθμητικό συμβολικό σύστημα). Το τελικό προϊόν της επεξεργασίας που θα έπρεπε να συγκρατήσει και να ανακαλέσει το άτομο ήταν ένας αριθμός (π.χ., "πόσα ήταν τα τρίγωνα" ή "πόσα ήταν τα πράσινα σχήματα"). Κατά συνέπεια, μπορεί να θεωρηθεί ότι το έργο ήταν προκατειλημμένο προς το αριθμητικό συμβολικό σύστημα (Demetriou et al., 1993).

Το εικονικό-γλωσσικό έργο αποτελούσε μια μεταφορά του φαινομένου Stroop (1935) στην εξέταση της εργαζόμενης μνήμης. Το υλικό του ήταν σειρές από κάρτες πάνω στις οποίες ήταν γραμμένη με έγχρωμη μελάνη μια από τις λέ-

ξεις: "κόκκινο", "πράσινο", "κίτρινο" και "γαλάζιο". Κάθε λέξη ήταν γραμμένη στο χρώμα που δήλωνε (π.χ., "κόκκινο" με κόκκινο χρώμα) ή σε διαφορετικό (π.χ., "κόκκινο" με γαλάζιο χρώμα). Στο τέλος κάθε σειράς καρτών, το παιδί έπρεπε, ανάλογα με την εντολή που του δινόταν, να ανακαλέσει είτε όλες τις λέξεις (στην πρώτη δοκιμή), είτε όλα τα χρώματα στα οποία ήταν γραμμένες οι λέξεις (στη δεύτερη δοκιμή). Το έργο αυτό απαιτούσε την αντιληπτική διάκριση και συγκράτηση πληροφοριών που προέρχονταν από το εικονικό και το γλωσσικό συμβολικό σύστημα και παρουσιάζονταν οπτικά. Συνεπώς, μπορεί να θεωρηθεί κανείς ότι ήταν προκατειλημμένο προς το εικονικό συμβολικό σύστημα (Demetriou et al., 1993).

Τα έργα περιλάμβαναν διαφορετικές σειρές προτάσεων, καρτών με έγχρωμα σχήματα, και καρτών με έγχρωμες λέξεις, αντίστοιχα, στις δύο δοκιμές κάθε επιπέδου δυσκολίας. Σε όλες τις δοκιμές, η ανάκληση των πληροφοριών έπρεπε να είναι ακριβής και γραμμική, ακολουθώντας τη σειρά παρουσιάσής τους. Κάθε έργο αξιολογούνταν με δύο βαθμούς, που αντιστοιχούσαν στις δύο δοκιμές, και δήλωναν το υψηλότερο επίπεδο δυσκολίας στο οποίο είχε επιτύχει ο εξεταζόμενος σε κάθε δοκιμή. Η εξέταση προχωρούσε από τα χαμηλά επίπεδα δυσκολίας προς τα υψηλότερα, όσο η ανάκληση ήταν επιτυχής. Σταματούσε όταν το παιδί σημείωνε τέσσερις διαδοχικές αποτυχίες.

Διαδικασία

Οι συμμετέχοντες εξετάστηκαν με όλα τα έργα. Η εξέταση ήταν ατομική και γινόταν σε δύο φάσεις. Στην πρώτη εξετάζονταν τα έργα της απλής συστοιχίας και στη δεύτερη τα έργα της σύνθετης. Κάθε φάση εξέτασης διαρκούσε 20 λεπτά περίπου. Η σειρά παρουσίασης των έργων σε κάθε φάση ήταν τυχαία.

Αποτελέσματα

Η δομή της εργαζόμενης μνήμης

Για τη διερεύνηση της λανθάνουσας δομής των δεδομένων μας, ελέγξαμε στα δεδομένα ένα μοντέλο που περιγράφει τη δομή και την οργάνωση της εργαζόμενης μνήμης. Ο έλεγχος του μοντέλου έγινε με την επιβεβαιωτική ανάλυση παραγόντων που εφαρμόστηκε με το στατιστικό πακέτο EQS (Bentler, 1989). Για την εφαρμογή του χρησιμοποιήθηκε μια ειδική μέθοδος ελέγχου παραγοντικών μοντέλων, η μέθοδος των εγκλεισμένων παραγόντων (Gustafsson, 1994), η οποία παρέχει ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα. Δίνει τη δυνατότητα να ερμηνεύεται μεγαλύτερο μέρος από τη διακύμανση των ίδιων των μεταβλητών από ό,τι ένα ιεραρχικό δομικό μοντέλο. Επιπλέον, επιτρέπει να προσδιορίσουμε αν ο καθένας από τους παράγοντες που περιλαμβάνει το μοντέλο εξηγεί ένα σημαντικό μέρος της διακύμανσης των μεταβλητών.

Η μέθοδος ορίζει ότι πρέπει να ελεγχθούν διαδοχικά μια σειρά από παραγοντικά μοντέλα. Το πρώτο μοντέλο της σειράς περιλαμβάνει ένα μόνο, τον πιο γενικό παράγοντα, που ερμηνεύει τις μεταβλητές. Σε καθένα από τα επόμενα μοντέλα προστίθενται ένας-ένας οι παράγοντες τους οποίους περιλαμβάνει το μοντέλο που ελέγχεται, ξεκινώντας από τους πιο γενικούς και καταλήγοντας στους ειδικότερους (βλ. Πίνακα 1). Το τελευταίο μοντέλο της σειράς περιλαμβάνει όλους τους παράγοντες που θεωρητικά συμβάλλουν στην ερμηνεία της διακύμανσης. Κατά τις διαδοχικές αναλύσεις, υπολογίζεται η διαφορά του χ^2 ($\Delta\chi^2$) και των βαθμών ελευθερίας (Δdf) κάθε μοντέλου από το προηγούμενο. Αν η διαφορά αυτή είναι στατιστικά σημαντική (Δp), σημαίνει ότι ο παράγοντας που έχει προστεθεί συμβάλλει ουσιαστικά στην ερμηνεία της διακύμανσης των μεταβλητών. Το τελικό μοντέλο αξιολογείται με στατιστικά κριτήρια (χ^2 και Comparative Fit Index - CFI) για το αν ερμηνεύει με ικανοποιητικό τρόπο τα δεδομένα.

Το υπό έλεγχο μοντέλο εφαρμόστηκε σε 15

μεταβλητές. Οι εννιά εκπροσωπούσαν μετρήσεις των έργων της πρώτης συστοιχίας (3 έργα x 3 δοκιμές στο καθένα) και οι έξι μετρήσεις των έργων της δεύτερης (3 έργα x 2 δοκιμές). Στο μοντέλο που βρέθηκε να αναπαριστά με τον καλύτερο τρόπο τη λανθάνουσα δομή των δεδομένων (βλ. Σχήμα 2), όλες οι μεταβλητές φορτίζουν ένα γενικό παράγοντα (M) που στην περίπτωση αυτή πρέπει να εκφράζει τη μνημονική ικανότητα. Με άλλα λόγια, εκφράζει τη συγκράτηση των πληροφοριών που είναι η κοινή διεργασία σε όλες τις μνημονικές μετρήσεις. Επιπλέον, όλες οι μετρήσεις των έργων της δεύτερης συστοιχίας φορτίζουν έναν κοινό παράγοντα (E). Ο παράγοντας αυτός ενεργοποιείται για την αντιμετώπιση της πιο σύνθετης γνωστικής επεξεργασίας που απαιτούν τα έργα και, επομένως, μπορεί να υποθέσει κανείς ότι εκπροσωπεί το κεντρικό σύστημα ελέγχου. Στη συνέχεια, ελέγξαμε την ερμηνεία της υπολειπόμενης διακύμανσης των μεταβλητών από δύο ειδικούς παράγοντες που, αν και προστέθηκαν διαδοχικά στο μοντέλο, δεν ήταν μεταξύ τους ιεραρχικά διατεταγμένοι. Τον τρίτο παράγοντα (AK) φορτίζουν οι μεταβλητές που αφορούν πληροφορίες λεκτικού και φωνολογικού τύπου, καθώς και επεξεργασίες που προσιδιάζουν στο γλωσσικό και το αριθμητικό συμβολικό σύστημα: οι μεταβλητές του γλωσσικού, του αριθμητικού, του γλωσσικού-αριθμητικού και του αριθμητικού-εικονικού έργου. Ο παράγοντας αυτός υποθέτουμε ότι εκφράζει το αρθρωτικό κύκλωμα. Τέλος, τον τέταρτο παράγοντα (O-X) φορτίζουν οι μετρήσεις που αφορούν οπτικές και χωρικές πληροφορίες καθώς και επεξεργασίες που προσιδιάζουν στο εικονικό συμβολικό σύστημα, δηλαδή, οι μεταβλητές του εικονικού και του εικονικού-γλωσσικού έργου. Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι ο παράγοντας εκφράζει την οπτικο-χωρική καταγραφή. Το μοντέλο αυτό είχε πολύ καλή εφαρμογή στα δεδομένα: $\chi^2(69)=64.909$, $p=.62$, CFI=1.000. Επιπλέον, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1, η ερμηνευτική ισχύς όλων των παραγόντων που προστέθηκαν διαδοχικά στο μοντέλο ήταν σημαντική.

Πίνακας 1
Ο έλεγχος εφαρμογής των παραγοντικών μοντέλων που έγινε
με τη μέθοδο των εγκλεισμένων παραγόντων

Παράγοντες	χ^2	df	CFI	p	$\Delta\chi^2$	Δdf	Δp
γενική μνημονική συγκράτηση	148.278	90	.853	.000			
+ κεντρικό σύστημα ελέγχου	108.673	84	.938	.036	39.605	6	.005
+ αρθρωτικό κύκλωμα	78.663	74	.988	.334	30.010	10	.005
+ οπτικο-χωρική καταγραφή	64.909	69	1.000	.620	13.754	5	.025

Σημείωση: Κάθε σειρά του Πίνακα παρουσιάζει τα στατιστικά στοιχεία καθενός από τα διαδοχικά παραγοντικά μοντέλα που ελέγχθηκαν. Στην πρώτη στήλη αναφέρεται ο νέος παράγοντας που εισάγεται σε κάθε μοντέλο. Στις τέσσερις επόμενες στήλες παρουσιάζονται τα στατιστικά στοιχεία του μοντέλου που ελέγχεται. Στις τελευταίες στήλες παρουσιάζονται τα στατιστικά στοιχεία που δείχνουν αν η προσθήκη του συγκεκριμένου παράγοντα βελτιώνει σημαντικά την ερμηνευτική ισχύ του μοντέλου. Όταν το $p > 0.05$, δηλώνει ότι το μοντέλο δε διαφέρει σημαντικά από τη λανθάνουσα δομή των δεδομένων. Όταν το $\Delta p < 0.05$, δηλώνει ότι το τελευταίο μοντέλο είναι στατιστικά ισχυρότερο από το προηγούμενό του.

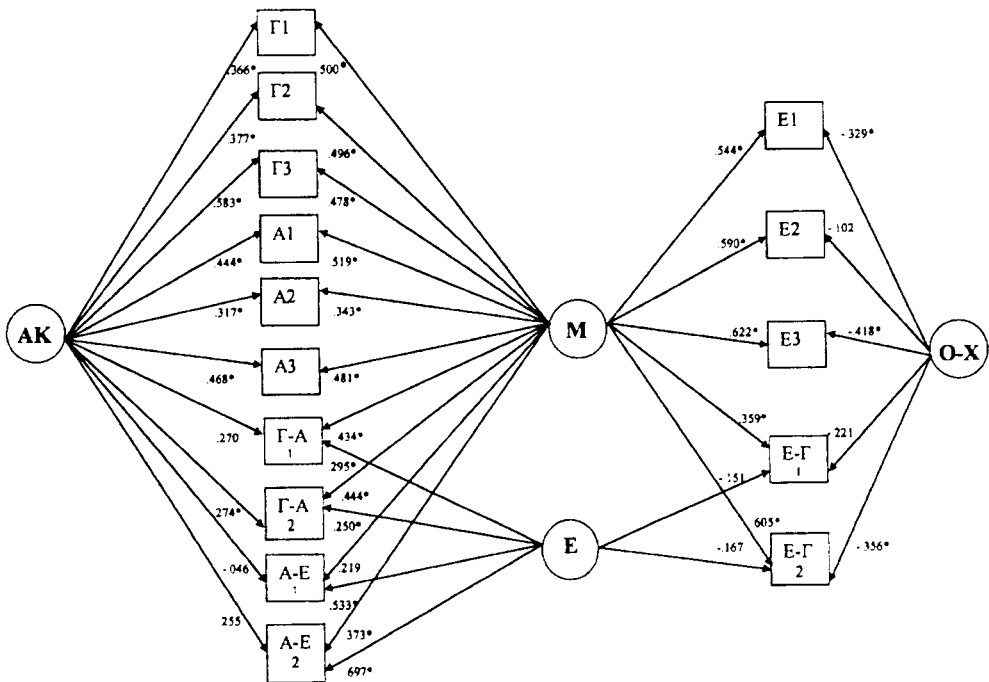
Από τα παραπάνω διαπιστώνουμε ότι το μοντέλο της εργαζόμενης μνήμης που μπορεί να περιγράψει ικανοποιητικά τα δεδομένα μας περιλαμβάνει, ως κοινή λειτουργία σε όλες τις μεταβλητές, τη συγκράτηση πληροφοριών. Παράλληλα, ενεργοποιεί, ανάλογα με το είδος των πληροφοριών, τα δύο εξειδικευμένα συστήματα, το αρθρωτικό κύκλωμα και την οπτικο-χωρική καταγραφή. Όταν οι απαιτήσεις της επεξεργασίας το καλούν, είναι δυνατό να ενεργοποιείται και το σύστημα εκτελεστικού ελέγχου.

Το πρότυπο ανάπτυξης της εργαζόμενης μνήμης

Για να διερευνήσουμε την ανάπτυξη της εργαζόμενης μνήμης, εφαρμόσαμε χωριστές ανα-

λύσεις στα έργα της πρώτης και στα έργα της δεύτερης συστοιχίας. Οι εννέα μεταβλητές της πρώτης συστοιχίας υποβλήθηκαν σε μία MANOVA που περιλάμβανε 4 (ηλικίες) x 3 (έργα) x 3 (δοκιμές) παράγοντες, με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στους δύο τελευταίους. Ο Πίνακας 2 παρουσιάζει τους μέσους όρους και τις τυπικές αποκλίσεις των μεταβλητών στις οποίες εφαρμόστηκε η ανάλυση.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η κύρια επίδραση της ηλικίας ήταν σημαντική, $F(3,116) = 26.89$, $p = .000$, ενώ μη σημαντική βρέθηκε κάθε αλληλεπίδραση της ηλικίας με τους άλλους παράγοντες. Αυτό δείχνει ότι η εργαζόμενη μνήμη βελτιώνεται σταθερά, με το πέρασμα της ηλικίας, σε όλα τα έργα και τις επιμέρους δοκιμές τους (βλ. Σχήμα 3). Επίσης, σημαντική βρέθηκε και η κύρια επίδραση του έργου, $F(2,232)$



Σχήμα 2

Το μοντέλο που απεικονίζει τη δομή των έργων της εργαζόμενης μνήμης

Σημείωση: Τα σύμβολα Γ1, Γ2, Γ3, Α1, Α2, Α3 και Ε1, Ε2, Ε3 αντιστοιχούν στις τρεις δοκιμές του γλωσσικού, του αριθμητικού και του εικονικού έργου, αντιστοίχως. Τα σύμβολα Γ-Α1, Γ-Α2 αντιστοιχούν στο γλωσσικό-αριθμητικό έργο, τα Α-Ε1, Α-Ε2 αντιστοιχούν στο αριθμητικό-εικονικό έργο και, τέλος, τα Ε-Γ1, Ε-Γ2 αντιστοιχούν στο εικονικό-γλωσσικό έργο. Το Μ συμβολίζει το γενική ικανότητα συγκράτησης, ενώ το Ε τον παράγοντα του κεντρικού συστήματος ελέγχου. Τα ΑΚ συμβολίζουν τον παράγοντα του αρθρωτικού κυκλώματος και τα Ο-Χ τον παράγοντα της οπτικο-χωρικής καταγραφής. Οι στατιστικώς σημαντικές φορτίσεις σημειώνονται με αστερίσκο(*)

= 181.44, $p = .000$. Η καλύτερη συγκράτηση των πληροφοριών σημειώθηκε, κατά σειρά, στο γλωσσικό ($MO = 4.14$), το αριθμητικό ($MO = 3.91$) και, τέλος, στο εικονικό έργο ($MO = 3.00$). Αυτό συμφωνεί με τα πορίσματα σχετικών ερευνών (π.χ., Chi, 1976) που έδειξαν ότι οι πληροφορίες που ήταν λέξεις ή αριθμοί, και παρουσιάζονταν προφορικά, συγκρατούνταν καλύτερα από τις εικονικές-χωρικές πληροφορίες.

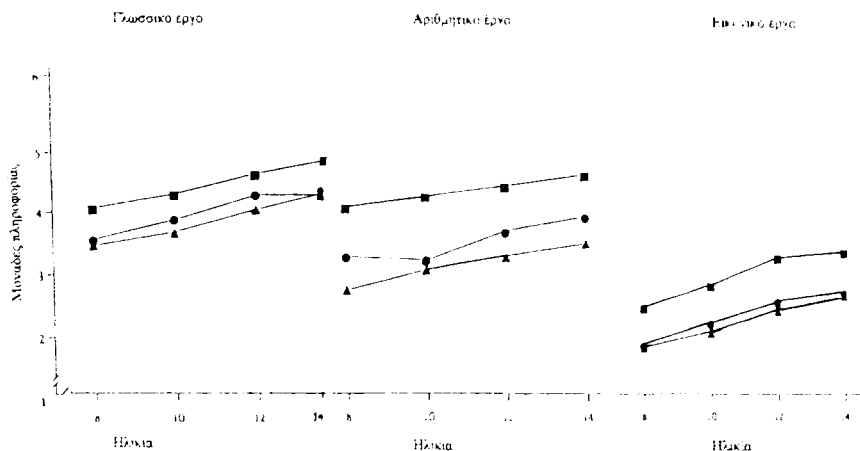
Κατά παρόμοιο τρόπο, και τα έργα της δεύτερης συστοιχίας υποβλήθηκαν σε μια MANOVA

με 4 (ηλικίες) x 3 (έργα) παράγοντες, με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στον τελευταίο. Ο Πίνακας 3 παρουσιάζει τους μέσους όρους και τις τυπικές αποκλίσεις των μεταβλητών που αναλύθηκαν.

Η κύρια επίδραση της ηλικίας βρέθηκε σημαντική, $F(3,116) = 9.15$, $p = .000$, όχι όμως και η αλληλεπίδραση ηλικίας και έργου. Αυτό δείχνει ότι η επίδοση σε όλα τα έργα βελτιώνεται με την πρόοδο της ηλικίας (βλ. Σχήμα 4). Η κύρια επίδραση του έργου που βρέθηκε σημαντική,

Πίνακας 2
Οι μέσοι όροι (και οι τυπικές αποκλίσεις) των επιδόσεων των συμμετεχόντων
στα έργα της πρώτης συστοιχίας σε σχέση με την ηλικία

Ηλικία	Γλωσσικό έργο			Αριθμητικό έργο			Εικονικό έργο		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
8 χρ.	4.067 (.640)	3.567 (.774)	3.500 (.777)	4.400 (.675)	3.433 (.728)	2.767 (.774)	2.933 (1.081)	2.133 (.776)	2.100 (.885)
10 χρ.	4.300 (.651)	3.900 (.712)	3.700 (.750)	4.633 (.809)	3.333 (.606)	3.167 (.648)	3.400 (.894)	2.600 (.814)	2.433 (.817)
12 χρ.	4.633 (.765)	4.300 (.596)	4.067 (.691)	4.833 (.747)	3.900 (.548)	3.433 (.817)	3.967 (.999)	3.033 (1.033)	2.900 (.845)
14 χρ.	4.900 (.759)	4.333 (.758)	4.433 (.858)	5.067 (.640)	4.200 (1.031)	3.700 (.837)	4.100 (.960)	3.233 (1.073)	3.200 (1.031)



Σχήμα 3

Η επίδοση στα τρία έργα της πρώτης συστοιχίας σε σχέση με την ηλικία, στην πρώτη (■), στη δεύτερη (●) και στην τρίτη δοκιμή (▲).

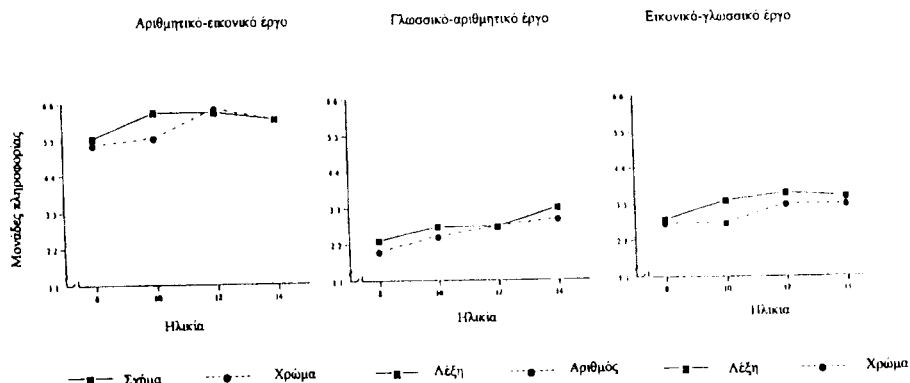
$F(2,232)=582.83$, $p=.000$, έδειξε ότι η χαμηλότερη επίδοση σημειώθηκε στο γλωσσικό-αριθμητικό ($MO=2.56$), ακολουθούσε το εικονικό-γλωσσικό ($MO=3.03$), ενώ η καλύτερη επίδοση σημειώθηκε στο αριθμητικό-εικονικό έργο ($MO=6.00$).

Η μικρή υπεροχή της επίδοσης στο εικονικό-γλωσσικό έργο σε σχέση με το γλωσσικό-αριθμητικό μπορεί να εξηγηθεί με αναφορά στο είδος των πληροφοριών που περιλάμβανε το καθένα. Το πρώτο έργο περιλάμβανε λέξεις και χρώματα, δηλαδή πληροφορίες που τυγχάνουν

Πίνακας 3
Οι μέσοι όροι (και οι τυπικές αποκλίσεις) των επιδόσεων των συμμετεχόντων στα έργα της εργαζόμενης μνήμης σε σχέση με την ηλικία

Ηλικία	Γλωσσικό έργο			Αριθμητικό έργο			Εικονικό έργο		
	Γλ	Αρ	Σύνολο	Σχ	Χρ	Σύνολο	Γλ	Χρ	Σύνολο
8 χρ.	2.267 (.944)	1.933 (.828)	2.100 (.687)	5.633 (1.671)	5.400 (1.714)	5.517 (1.545)	2.767 (.858)	2.600 (.770)	2.683 (.609)
10 χρ.	2.667 (.802)	2.333 (.994)	2.500 (.743)	6.300 (.877)	5.600 (1.589)	5.950 (.977)	3.200 (1.126)	2.667 (.959)	2.933 (.858)
12 χρ.	2.667 (1.061)	2.633 (1.245)	2.650 (1.060)	6.300 (.915)	6.467 (.860)	6.383 (.691)	3.433 (.971)	3.133 (.973)	3.283 (.727)
14 χρ.	3.133 (.681)	2.833 (1.117)	2.983 (.737)	6.167 (.986)	6.100 (1.094)	6.133 (.928)	3.367 (.999)	3.100 (1.125)	3.233 (.898)

Σημείωση: Στο γλωσσικό-αριθμητικό έργο, το Γλ αντιστοιχεί στην ανάκληση των λέξεων και το Αρ στην ανάκληση των αριθμών. Στο αριθμητικό-εικονικό έργο, το Σχ αντιστοιχεί στην ανάκληση του αριθμού των σχημάτων, ενώ το Χρ στην ανάκληση του αριθμού των χρωμάτων. Τέλος, στο εικονικό-γλωσσικό έργο, το Γλ αντιστοιχεί στην ανάκληση των λέξεων, ενώ το Χρ στην ανάκληση των χρωμάτων.



Σχήμα 4
Η επίδοση στις δοκιμές των έργων της δεύτερης συστοιχίας σε σχέση με την ηλικία

επεξεργασίας από διαφορετικά συστήματα της εργαζόμενης μνήμης: το αρθρωτικό κύκλωμα και την οπτικο-χωρική καταγραφή, αντιστοίχως. Το δεύτερο έργο περιλάμβανε πληροφορίες (αριθμούς και λέξεις) που συγκρατούνται από το ίδιο μνημονικό σύστημα, το αρθρωτικό κύκλωμα. Κατά συνέπεια, ενώ στην πρώτη περίπτωση το βάρος της επεξεργασίας και συγκράτησης των πληροφοριών μοιράζεται σε δύο συστήματα, και διευρύνεται έτσι η αποθηκευτική δυνατότητα της εργαζόμενης μνήμης, στη δεύτερη περίπτωση επιβαρύνεται το ίδιο σύστημα (Baddeley, 1997). Ως αποτέλεσμα, η ανάκληση των πληροφοριών είναι πιο αποτελεσματική στο πρώτο έργο.

Με το ίδιο επιχείρημα θα μπορούσε να ερμηνευθεί και η υψηλή επίδοση στο αριθμητικό-εικονικό έργο, αφού κι αυτό περιλάμβανε πληροφορίες που αφορούσαν και στα δύο μνημονικά συστήματα. Η επίδοση, όμως, που σημειώθηκε στο έργο αυτό ήταν πολύ υψηλότερη από όσο θα περίμενε κανείς, σύμφωνα με την παραπάνω ερμηνεία. Ήταν, μάλιστα, υψηλότερη από την επίδοση στα έργα της απλής συστοιχίας που εξετάζαν ανάλογες πληροφορίες. Υπενθυμίζεται ότι στο αριθμητικό-εικονικό έργο ο εξεταζόμενος έπρεπε να μετρά και να συγκρατεί ξεχωριστά πληροφορίες που παρουσιάζονταν οπτικά (π.χ., πόσα ήταν τα τρίγωνα ή τα πράσινα σχήματα). Εκείνο που ανακαλούσε τελικά ήταν το προϊόν αυτής της καταμέτρησης. Η επεξεργασία που γινόταν σε αυτό το έργο φαίνεται ότι επιβάρυνε λιγότερο την εργαζόμενη μνήμη από ό,τι τα άλλα έργα και, ως αποτέλεσμα, η συγκράτηση των πληροφοριών σε αυτό το έργο ήταν καλύτερη από ό,τι στα άλλα.

Συμπεραίνοντας, βρέθηκε ότι η ανάπτυξη της εργαζόμενης μνήμης διέφερε ανάλογα με το είδος των πληροφοριών, τις απαιτήσεις της επεξεργασίας και την κατανομή της επεξεργασίας στα συστήματα της εργαζόμενης μνήμης. Τα έργα της πρώτης συστοιχίας ανακαλούνταν με μεγαλύτερη επιτυχία από τα έργα της δεύτερης (με εξαίρεση το αριθμητικό-εικονικό έργο). Τούτο είναι πιθανό να οφείλεται στην πιο σύνθετη

επεξεργασία που απαιτούσαν τα έργα της δεύτερης συστοιχίας. Στα έργα της πρώτης συστοιχίας, οι πληροφορίες που ήταν λέξεις ή αριθμοί συγκρατούνταν καλύτερα από τις εικονικές-χωρικές πληροφορίες. Όμως, η βελτίωση της εργαζόμενης μνήμης από τα 8 μέχρι τα 14 χρόνια δε διέφερε μεταξύ των τριών έργων.

Η επίδραση της συνθετότητας των πληροφοριών στην εργαζόμενη μνήμη

Για να μελετήσουμε την επίδραση που ασκεί η συνθετότητα των πληροφοριών στην εργαζόμενη μνήμη, εξετάσαμε την επίδοση στις τρεις δοκιμές των έργων της πρώτης συστοιχίας που είναι διαβαθμισμένες σε συνθήκες συνθετότητας. Για το σκοπό αυτό θα παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα της MANOVA που εφαρμόσαμε στα απλά έργα (βλ. Πίνακα 2) και που αφορούν στις δοκιμές συνθετότητας των έργων.

Η κύρια επίδραση της δοκιμής ήταν σημαντική, $F(2,232) = 175.24$, $p = .000$, καθώς και η αλληλεπίδραση του έργου με τη δοκιμή, $F(4,464) = 17.93$, $p = .000$. Αυτό δείχνει ότι οι επιδόσεις διαφοροποιούνταν σημαντικά από τη μια δοκιμή στην άλλη και, μάλιστα, με διαφορετικό τρόπο σε κάθε έργο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3. Στο γλωσσικό έργο, η συγκράτηση στην πρώτη δοκιμή ($MO = 4.48$) ήταν αρκετά καλύτερη από ό,τι στη δεύτερη ($MO = 4.02$). Όμως δεν υπήρχε σημαντική διαφορά ανάμεσα στη δεύτερη και την τρίτη δοκιμή ($MO = 3.92$). Στο αριθμητικό έργο, η υπεροχή της πρώτης ($MO = 4.73$) από τη δεύτερη δοκιμή ($MO = 3.72$) ήταν πολύ μεγάλη, ενώ αισθητή ήταν και η υπεροχή της δεύτερης από την τρίτη δοκιμή ($MO = 3.27$). Τέλος, στο εικονικό έργο, η συγκράτηση στην πρώτη δοκιμή ($MO = 3.60$) ήταν πολύ καλύτερη από ό,τι στη δεύτερη ($MO = 2.75$). Όμως δεν υπήρχε διαφορά ανάμεσα στη δεύτερη και την τρίτη δοκιμή ($MO = 2.66$). Τα ευρήματα αυτά θα συζητηθούν πιο διεξοδικά στην επόμενη ενότητα.

Τέλος, η αλληλεπίδραση της ηλικίας με τη δοκιμή δεν ήταν σημαντική. Αυτό δείχνει ότι η

συγκράτηση τόσο των απλών πληροφοριών (που εξετάζε η πρώτη δοκιμή κάθε έργου) όσο και των πιο σύνθετων (που εξετάζαν η δεύτερη και η τρίτη δοκιμή) βελτιώνεται αντίστοιχα με το πέρασμα της ηλικίας.

Συζήτηση

Τα ερωτήματα που ερευνήθηκαν αφορούσαν στο πώς επηρεάζεται η δομή και η ανάπτυξη της εργαζόμενης μνήμης, όταν επεξεργάζεται πληροφορίες που προέρχονται από διαφορετικά συμβολικά συστήματα αναπαράστασης (το αριθμητικό, το γλωσσικό και το εικονικό). Επίσης, διερευνήθηκε ο τρόπος με τον οποίο ορισμένοι παράγοντες που αναφέρονται στη συνθετότητα των πληροφοριών επηρεάζουν τη συγκράτησή τους.

Η δομή και η ανάπτυξη της εργαζόμενης μνήμης

Η δομή της εργαζόμενης μνήμης εξετάστηκε με ένα παραγοντικό μοντέλο που προσδιόριζε εξαρχής πώς θα πρέπει να είναι οργανωμένο το μνημονικό σύστημα και βρέθηκε ότι έχει καλή εφαρμογή στα δεδομένα. Το μοντέλο περιλάμβανε μια γενική ικανότητα συγκράτησης πληροφοριών που εμπλέκεται στην επεξεργασία όλων των έργων. Θεωρούμε ότι αυτή εκφράζει μια λειτουργία που είναι κοινή στα τρία εξειδικευμένα συστήματα του μοντέλου της εργαζόμενης μνήμης (Baddeley, 1991, 1997). Για την επεξεργασία των σύνθετων έργων, ενεργοποιούταν και ένας άλλος παράγοντας, που είναι πιθανό να εκφράζει τους μηχανισμούς που αφορούν στο κεντρικό σύστημα ελέγχου της επεξεργασίας. Τέλος, η συγκράτηση των πληροφοριών που εκφέρονται με φωνολογικό ή απεικονιστικό τρόπο γίνεται από δύο παράγοντες που αντιστοιχούν στο αρθρωτικό κύκλωμα και την οπτικο-χωρική καταγραφή.

Η ανάπτυξη της εργαζόμενης μνήμης διαπιστώθηκε ότι πραγματοποιείται σε όλο το χρονικό διάστημα από τα 8 μέχρι τα 14 χρόνια, όπως έδειξαν και προηγούμενες έρευνες (Case et al., 1982). Επίσης, παρατηρήθηκε ότι η ανάπτυξη συμβαίνει κατά παρόμοιο τρόπο τόσο στις πληροφορίες που επεξεργάζεται το αρθρωτικό κύκλωμα (Baddeley, 1986) όσο και σε εκείνες που επεξεργάζεται η οπτικο-χωρική καταγραφή (Wilson et al., 1987).

Η επίδοση ήταν καλύτερη στα έργα της απλής συστοιχίας από ό,τι στα έργα της σύνθετης, με εξαίρεση το αριθμητικό-εικονικό έργο. Διαπιστώθηκε, δηλαδή, ότι η συγκράτηση των πληροφοριών φθίνει όσο πιο σύνθετη είναι η επεξεργασία που απαιτείται (de Ribaucourt & Bailleux, 1994). Έτσι, ενώ δεν αυξάνει ο αριθμός των μονάδων που πρέπει να αποθηκευτούν, σε σχέση με τα αντίστοιχα απλά έργα, το αποτέλεσμα της ανάκλησης υπολείπεται σημαντικά από εκείνο των απλών έργων. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στο κεντρικό σύστημα ελέγχου που δραστηριοποιείται για την αντιμετώπιση των απαιτήσεων της σύνθετης επεξεργασίας. Το σύστημα αυτό αναπτύσσεται πιο αργά, σε σύγκριση με την απλή συγκράτηση πληροφοριών (Baddeley, 1997. Henry, 1994. Πλατσίδου, 1994).

Η επίδραση του μήκους των λέξεων και της σημασιολογικής κωδικοποίησης

Ο δεύτερος στόχος της έρευνας ήταν να μελετήσουμε την επίδραση της συνθετότητας των πληροφοριών στην εργαζόμενη μνήμη. Οι παράμετροι που εξετάστηκαν ήταν το μήκος των λέξεων και το σημασιολογικό περιεχόμενο των πληροφοριών που διαφοροποιούνταν συστηματικά από τη μια δοκιμή στην άλλη.

Στο γλωσσικό έργο η ανάκληση ήταν καλύτερη από ό,τι στο αριθμητικό. Στο γλωσσικό έργο όλοι οι ερεθισμοί ήταν διούλλαβες λέξεις, ενώ στο αριθμητικό οι ερεθισμοί είχαν ονόματα με τρεις και παραπάνω συλλαβές. Συνεπώς, μπορεί κανείς να συμπεράνει ότι, στην περίπτωση

ση αυτή, το μήκος των λέξεων επηρεάζει καθοριστικά την αποτελεσματικότητα της εργαζόμενης μνήμης (Baddeley, 1997).

Εξάλλου, η ανάκληση των πληροφοριών ήταν διαφορετική στις τρεις δοκιμές που περιλάμβανε κάθε έργο. Στο αριθμητικό έργο, η πρώτη δοκιμή περιλάμβανε περισσότερους αριθμούς με τρισύλλαβα ονόματα και λίγους μόνο με τετρασύλλαβα. Στη δεύτερη και τρίτη δοκιμή, όλοι οι αριθμοί είχαν ονόματα με τέσσερις τουλάχιστον συλλαβές. Συνεπώς, το μικρότερο μήκος των λέξεων μπορεί να ευθύνεται για την υψηλότερη επίδοση που σημειώθηκε στην πρώτη δοκιμή.

Η δεύτερη και η τρίτη δοκιμή δε διέφεραν μεταξύ τους ως προς το μήκος των λέξεων που εξετάζαν. Ωστόσο, παρατηρήθηκε μικρή υπεροχή της δεύτερης δοκιμής από την τρίτη. Αυτό θα πρέπει μάλλον να αποδοθεί στην επίδραση της σημασιολογικής κωδικοποίησης. Με άλλα λόγια, μπορεί να συμπεράνει κανείς ότι η κωδικοποίηση των πληροφοριών ήταν όχι μόνο ακουστική αλλά και σημασιολογική, τουλάχιστον σε κάποιο βαθμό. Ωστόσο, θα πρέπει να επιστημανθεί ότι η σημασιολογική επεξεργασία των πληροφοριών δεν έφτανε σε βάθος. Αν γινόταν αυτό, τότε το άτομο θα αντιλαμβανόταν ότι οι πληροφορίες της δεύτερης δοκιμής αποτελούνταν από δύο ίδια ψηφία (π.χ., 55), ενώ στην τρίτη δοκιμή οι αριθμοί είχαν ανόμοια ψηφία (π.χ., 72). Μια τέτοια διαπίστωση θα μείωνε σημαντικά το φόρτο της επεξεργασίας και θα διαφοροποιούσε τη συγκράτηση ανάμεσα στις δύο δοκιμές σε μεγαλύτερο βαθμό από ό,τι παρατηρήθηκε. Εξάλλου, όταν στο τέλος της εξέτασης ρωτήσαμε δειγματοληπτικά ορισμένους συμμετέχοντες, απάντησαν ότι δεν είχαν αντιληφθεί τη συγκεκριμένη διαφοροποίηση ανάμεσα στη δεύτερη και την τρίτη δοκιμή.

Η επίδραση της σημασιολογικής κωδικοποίησης των πληροφοριών μπορεί να εξηγηθεί και τις διαφορές στην ανάκληση που παρατηρήθηκαν ανάμεσα στις τρεις δοκιμές του γλωσσικού έργου. Η πρώτη δοκιμή περιλάμβανε πληροφορίες με την απλούστερη σημασία (λέξεις που εκφέρονταν στην ονομαστική του ενικού). Η δεύτε-

ρη και τρίτη δοκιμή περιλάμβαναν πληροφορίες που ήταν σχετικά πιο σύνθετες (λέξεις που εκφέρονταν στον πληθυντικό αριθμό ή/και σε πλάγιες πτώσεις). Η διαφοροποίηση στη σημασιολογική συνθετότητα των πληροφοριών, αν και ήταν λεπτή από δοκιμή σε δοκιμή, αντανακλούταν στις διαφορετικές επιδόσεις που σημειώθηκαν στις τρεις δοκιμές: την καλύτερη ανάκληση είχε η πρώτη δοκιμή, ακολουθούσε η δεύτερη και, με ελάχιστη διαφορά, η τρίτη.

Συμπεραίνοντας, ένα μεγάλο μέρος των διαφορετικών επιδόσεων στην ανάκληση πληροφοριών μπορεί να ερμηνευτεί με αναφορά στην επίδραση του μήκους των λέξεων. Όμως, στην πληρέστερη ερμηνεία των αποτελεσμάτων συμβάλλει η επίδραση της σημασιολογικής κωδικοποίησης, η οποία, αν και στην παρούσα περίπτωση δε φτάνει σε βάθος, επηρεάζει την ανάκληση. Οι δύο παράμετροι θα πρέπει να θεωρηθούν συμπληρωματικές μάλλον παρά ανταγωνιστικές μεταξύ τους (Baddeley 1991, 1997).

Η συνθετότητα των πληροφοριών στο εικονικό έργο

Στο εικονικό έργο, η ανάκληση του είδους των σχημάτων, που εξέταζε η πρώτη δοκιμή, ήταν καλύτερη από την ανάκληση του προσανατολισμού ή της θέσης των σχημάτων που εξέταζαν η δεύτερη και η τρίτη δοκιμή. Τούτο πιθανόν να οφείλεται στο ότι, στην πρώτη δοκιμή, η κωδικοποίηση των σχημάτων μπορούσε να είναι οπτική ή/και ακουστική. Για παράδειγμα, ορισμένα σχήματα, όπως το τρίγωνο, το τετράγωνο και ο κύκλος, μπορούσαν να κωδικοποιηθούν με αναφορά είτε στην εικόνα, είτε στο όνομά τους, είτε, ακόμη, και στα δύο. Έτσι, στις πληροφορίες αυτές εμπλέκονταν διαδικασίες και στρατηγικές (π.χ., επανάληψη) τόσο από το εικονικό όσο και από το γλωσσικό συμβολικό σύστημα, με αποτέλεσμα να διευκολύνεται η συγκράτηση των πληροφοριών στη δοκιμή αυτή σε σχέση με τις άλλες. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι Hitch, Halliday, Dodd, και Littler (1989) έδειξαν ότι η ακουστική κωδικοποίηση δεν αντικαθιστά α-

πλώς την οπτική κωδικοποίηση, όταν τα έργα το επιτρέπουν, αλλά το γνωστικό σύστημα έχει τη δυνατότητα να κάνει πολλαπλούς συνδυασμούς ανάμεσα στα δυνάτα συστήματα κωδικοποίησης (π.χ., αρθρωτική, φωνητική, σημασιολογική, οπτική κωδικοποίηση). Συνεπώς, θα μπορούσε να ισχυριστεί κανείς ότι οι πληροφορίες που εξετάζαν οι δύο τελευταίες δοκιμές είναι οι πιο σημαντικοί δείκτες για την εργαζόμενη μνήμη οπτικών πληροφοριών (Clifford, 1991).

Οι συμμετέχοντες στην έρευνα ανακαλούσαν στον ίδιο βαθμό τον προσανατολισμό και τη θέση ενός σχήματος, που εξετάζαν η δεύτερη και η τρίτη δοκιμή. Και οι δύο δοκιμές απαιτούσαν την εφαρμογή της ικανότητας συντονισμού ενός αριθμού σημείων αναφοράς (Demetriou et al., 1993). Στην πρώτη περίπτωση, τα σχήματα έπρεπε να έχουν το σωστό προσανατολισμό με αναφορά στο πλαίσιο της κάρτας. Στη δεύτερη περίπτωση, τα σχήματα έπρεπε να τοποθετηθούν στις σωστές αποστάσεις με αναφορά σε σταθερά ή μεταβαλλόμενα σημεία, όπως ήταν το περίγραμμα της κάρτας και τα άλλα σχήματα. Αν και φαίνεται ότι τα σημεία αναφοράς που έπρεπε να συντονιστούν στην περίπτωση αυτή ήταν περισσότερα από ό,τι στην προηγούμενη, ωστόσο, οι αντίστοιχες επιδόσεις δε διέφεραν σημαντικά. Όπως διαπιστώθηκε, τα άτομα συναντούσαν την ίδια δυσκολία στο συντονισμό των σημείων αναφοράς για τον προσδιορισμό της θέσης και του προσανατολισμού των σχημάτων.

Το εικονικό έργο είχε τη χαμηλότερη επίδοση, συγκριτικά με το γλωσσικό και το αριθμητικό. Το ίδιο διαπιστώθηκε και σε άλλες έρευνες (π.χ., Chi, 1976). Η διαφοροποίηση των επιδόσεων στο εικονικό σύστημα σε σχέση με τα άλλα συστήματα έχει παρατηρηθεί και σε έργα που απαιτούν την εφαρμογή άλλων ικανοτήτων επεξεργασίας, όπως η ταχύτητα και ο έλεγχος της επεξεργασίας (Πλατσίδου, 1994. Πλατσίδου & Δημητρίου, 1995). Έχει βρεθεί ότι τα εικονικά έργα παρουσίαζαν χαμηλότερες επιδόσεις από ό,τι τα αντίστοιχα γλωσσικά και τα αριθμητικά, τόσο ως προς την ταχύτητα όσο και ως προς την ακρίβεια των αντιδράσεων. Αντίθετα, όταν η ίδια

έρευνα έγινε στην Κίνα (Platsidou, Demetriou, & Zhang, 1995), διαπιστώθηκε υπεροχή των επιδόσεων στα έργα του εικονικού συστήματος, σε σύγκριση με τα λεκτικά και τα αριθμητικά έργα. Αυτή αποδίδεται στον ιδεογραμματικό χαρακτήρα της κινέζικης γραφής, που ασκεί τα παιδιά στο χειρισμό των οπτικών πληροφοριών πολύ περισσότερο από ό,τι συμβαίνει στα παιδιά που χρησιμοποιούν την αλφαβητική γραφή. Τα ευρήματα αυτά δείχνουν ότι ο βαθμός εξοικείωσης των εξεταζομένων με τις πληροφορίες που προέρχονται από ένα συγκεκριμένο συμβολικό σύστημα επηρεάζει την αποτελεσματικότητα της επεξεργασίας και την επίδοση στα έργα αυτά.

Συμπέρασμα

Η έρευνα έδειξε ότι η εργαζόμενη μνήμη είναι μια σύνθετη λειτουργία που περιλαμβάνει πολλές επιμέρους παραμέτρους. Ειδικότερα, περιλαμβάνει (i) λειτουργίες που επιτρέπουν τη συγκράτηση της πληροφορίας που είναι απαραίτητη για τις ανάγκες της τρέχουσας επεξεργασίας, (ii) μηχανισμούς ελέγχου που επιτρέπουν στο άτομο να επιλέγει και να επεξεργάζεται τις πληροφορίες που πρέπει να συγκρατηθούν και (iii) δύο μορφές συγκράτησης της πληροφορίας: η συγκράτηση των ακουστικών πληροφοριών είναι σαφώς ξεχωριστή από τη συγκράτηση των οπτικο-χωρικών πληροφοριών. Οι λειτουργίες συγκράτησης και ελέγχου των πληροφοριών είναι γενικότερες και σε μεγάλο βαθμό κοινές για τις ακουστικές και τις οπτικές πληροφορίες. Διαπιστώθηκε ότι οι μνημονικές λειτουργίες που διερευνήθηκαν επηρεάζονται από το είδος και τη συνθετότητα των πληροφοριών που απασχολούν το σύστημα σε μια δεδομένη στιγμή. Ειδικότερα, βρέθηκε ότι η ποσότητα των πληροφοριών που συγκρατείται επηρεάζεται από το αν οι πληροφορίες είναι ακουστικές ή οπτικές. Επιπλέον, βρέθηκε ότι η συγκράτηση των πληροφοριών επηρεάζεται από το είδος της κωδικοποίησης, το μήκος των λέξεων και τη σημασιολογική συνθετότητά τους.

Βιβλιογραφία

- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1971). The control of short-term memory. *Scientific American*, 225, 82-90.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (1991). *Working memory*. Oxford: Clarendon Press.
- Baddeley, A. D. (1997). *Human Memory: Theory and practice* (revised edition). Hove, UK: Psychology Press.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. Bower (Ed.), *Recent advances in learning and motivation* (VIII, pp. 47-90). New York: Academic.
- Baddeley, A. D., Lewis, V., & Vallar, G. (1984). Exploring the articulatory loop. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 36A, 233-252.
- Bentler, P. M. (1989). *EQS: Structural equations program manual*. Los Angeles, CA: BMDP Statistical Software.
- Burgess, N., & Hitch, J. (1992). Toward a network model of the articulatory loop. *Journal of Memory and Language*, 31, 429-460.
- Case, R., Kurland, D. M., & Goldberg, J. (1982). Operational efficiency and the growth of short-term memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 33, 386-404.
- Cassells, A. (1994). *Μνήμη και λήθη* (Α. Κωσταρίδου-Ευκλείδη, Επιμ. Μετάφ. & Γ. Σπανούδης, Μετάφ.). Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Chi, M. T. H. (1976). Short-term memory limitations in children: Capacity or processing deficits? *Memory & Cognition*, 4 (5), 559-572.
- Clifford, B. (1991). Memory. In J. Radford, & E. Covier (Eds.), *A textbook of psychology* (pp.377-406). London: Routledge.
- Craik, F. I. M., & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 671-684.
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 450-466.
- Demetriou, A., Efklides, A., & Platsidou, M. (1993). The architecture and dynamics of developing mind: Experiential Structuralism as a frame for unifying cognitive developmental theories. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 58(5, Serial No. 234).
- de Ribaupierre, A., & Bailleux, C. (1994). Developmental change in a spatial task of attentional capacity: An essay toward an integration of two working memory models. In A. de Ribaupierre & G. J. Hitch (Eds.), *The development of working memory* (pp. 5-35). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- de Ribaupierre, A., & Hitch G. J. (Eds.). (1994). *The development of working memory*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Δημητρίου, Α. (1993). *Γνωστική ανάπτυξη: Μοτέλα - μέθοδοι - εφαρμογές: Τόμος 1. Πιαζέ και νεοπιαζετιανοί*. Θεσσαλονίκη: Art of Text.
- Gustafsson, J.-E. (1994). Hierarchical models of intelligence and educational achievement. In A. Demetriou & A. Efklides (Eds.), *Intelligence, mind and reasoning: Structure and development* (pp. 45-73). Amsterdam: Elsevier.
- Henry, L. A. (1991). The effects of word-length and phonemic similarity in young children's short-term memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 43A, 35-52.
- Henry, L. A. (1994). The relationship between speech rate and memory span in children. In A. de Ribaupierre & G. J. Hitch (Eds.), *The development of working memory* (pp. 37-56). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Hitch, G., Halliday, S., Dodd, A., & Littler, J. (1989). Development of rehearsal in short-term memory: Differences between pictorial and spoken stimuli. *British Journal of Developmental Psychology*, 7, 347-362.
- Μάνιου-Βακάλη, Μ., Κωσταρίδου-Ευκλείδη, Α.,

- & Συγκολλίτου, Ε. (1979). Συνειρμική αξία 1874 ουσιαστικών του ελληνικού λεξιλογίου. *Επιστημονική Επετηρίδα Φιλοσοφικής Σχολής Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης*, 10', 223-302.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity of processing information. *Psychological Review*, 63, 81-87.
- Morra, S. (1994). Issues in working memory measurement: Testing for M capacity. In A. de Ribaupierre & G. J. Hitch (Eds.), *The development of working memory* (pp. 37-56). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Logie, R. H., & Baddeley, A. D. (1990). Imagery and working memory. In P. J. Hampson, D. E. Marks, & J. T. E. Richardson (Eds.), *Imagery: Current developments* (pp. 103-128). London: Routledge.
- Pascual-Leone, J. (1984). Attention, dialectic and mental effort: Toward an organismic theory of life stages. In M. L. Commons, F. A. Richards, & C. Armon (Eds.), *Beyond formal operations* (pp. 182-215). New York: Praeger.
- Πλατσιδου, Μ. (1994). *Το σύστημα επεξεργασίας πληροφοριών: Δομή, ανάπτυξη και αλληλεπιδράσεις με εξειδικευμένες γνωστικές ικανότητες* (Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 1993). *Επιστημονική Επετηρίδα Τμήματος Ψυχολογίας, Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης*, Α(Παράρτημα αριθμός 1).
- Πλατσιδου, Μ., & Δημητρίου, Α. (1995). Το σύστημα επεξεργασίας πληροφοριών: Μια μελέτη της δομής και της ανάπτυξής του. *Ψυχολογία*, 2(1), 41-67.
- Platsidou, M., Demetriou, A., & Zhang, X. K. (1995, July). *Processing capacity: Structure, development, and functions in complex problem solving: A cross-cultural study in Greece and China*. Paper presented at the IV European Congress of Psychology, Athens, Greece.
- Schumann-Heugsteler, R., Demmel, U., & Seitz K. (1992, September). *Visuo-spatial working memory in children and adults*. Paper presented at the Vth European Conference on Developmental Psychology, Seville, Spain.
- Smyth, M. M., & Pelky, P. L. (1992). Short-term retention of spatial information. *British Journal of Psychology*, 83, 359-374.
- Stroop, J. R. (1935). The basis of Ligon's theory. *American Journal of Psychology*, 47, 499-504.
- Weinert, F. E., Schneider, W., & Knopf, M. (1988). Individual differences in memory development across the life span. In P. B. Baltes, D. L. Featherman, & P. M. Lerner (Eds.), *Life-span development and behavior* (vol. 9, pp. 39-85). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Wickens, C. D. (1974). Temporal limits of human information processing: A developmental study. *Psychological Bulletin*, 81(11), 739-755.
- Wilson, J. T. L., Scott, J. H., & Power, K. G. (1987). Developmental differences in the span of visual memory for pattern. *British Journal of Developmental Psychology*, 5, 249-255.

A study on the structure and development of working memory in relation to the symbolic system and the complexity of information

MARIA PLATSIDOU & ANDREAS DEMETRIOU

University of Macedonia, Greece & University of Cyprus

ABSTRACT

This study aimed at investigating the structure and development of working memory, as it processes information which represents three symbolic systems and is distinguished by its encoding (acoustic, semantic, visual) and its complexity (as a function of word-length and meaning). A hundred and twenty children, aged 8-14 years, were tested with a series of simple and a series of complex working memory tasks which addressed the linguistic, the arithmetic and the imaginal symbolic systems. It was found that the structure of the working memory tasks fit well to the model proposed by Baddeley and Hitch (1974). The information was retained better in the simple tasks than in the complex with one exception. Finally, it was found that the efficiency of working memory was affected by factors such as the word-length effect, the semantic encoding and the visual complexity of the information.

Key words: Semantic coding effect, Word-length effect, Working memory.

Address: Maria Platsidou, Department of Educational & Social Policy, University of Macedonia, 540 06 Thessaloniki, Greece. Tel.: *30-31-891396. E-mail: platsidu@macedonia.uom.gr