

Σχεδίαση και υλοποίηση ενός συστήματος αυτόματου εντοπισμού μαθητών με πιθανά μαθησιακά προβλήματα

Αθανάσιος Πρωτόπαπας, Δημήτριος Νικολόπουλος,
Χρήστος Σκαλούμπακας, Μιχαήλ Καραμάνης, Άννα Κριμπά

Ινστιτούτο Επεξεργασίας του Λόγου
Αρτέμιδος 6 & Επιδαύρου
151 25 Παράδεισος Αμαρουσίου

Παιδαγωγικό Ινστιτούτο
Αιγαίου Πελάγους 1–3
15341 Αγ. Παρασκευή

Abstract: In the framework of the project “added value services in the Greek web for schools” of the Hellenic Paedagogical Institute, the Institute for Language & Speech Processing has developed a software application to automatically screen students for learning disabilities, focussing on the typical dyslexic profile. Eight component tasks assess reading and spelling ability, nonverbal and phonetic auditory perception, and phonological and verbal memory. Following pilot application, validation, and standardisation, the software can become available for educators throughout the Greek school system, requiring only minimal computing power and personnel training. The system aims to provide reliable recommendations for referrals to learning disabilities specialists (not diagnosis or comprehensive assessment). Validation will be conducted on a national representative sample of students, and statistical analysis of the results will be applied to select tasks and items to maximise screening reliability and validity.

Στην παρούσα ανακοίνωση παρουσιάζεται η δοκιμαστική έκδοση του λογισμικού με τίτλο «εΜαΔυς» που παρήχθη στο πλαίσιο του ΕΠΕΑ-ΕΚ από το Ινστιτούτο Επεξεργασίας του Λόγου ως μέρος του έργου «υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας στο ελληνικό δίκτυο σχολείων» του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου (Papadopoulos, Karamanis, & Roussos, 2000).

Στόχοι

Το λογισμικό εΜαΔυς έχει στόχο να συμβάλλει στον εντοπισμό των μαθητών με πιθανά μαθησιακά προβλήματα. Δηλαδή, μετά από κατάλληλη στάθμιση, η επιτυχής εφαρμογή του λογισμικού θα έχει ως αποτέλε-

σμα την εκτίμηση ανάγκης παραπομπής ή όχι του κάθε μαθητή για περαιτέρω αξιολόγηση. Συγκεκριμένα, εάν οι ψυχομετρικές ιδιότητες του λογισμικού το επιτρέψουν και με κατάλληλη αναθεώρηση, το λογισμικό εΜαΔυς θα εντοπίζει τους μαθητές που είναι πιο πιθανό να διαγνωστούν με ειδική μαθησιακή δυσκολία μετά από κατάλληλη ιατροπαιδαγωγική αξιολόγηση.

Βάσει της προκήρυξης του έργου, το λογισμικό εΜαΔυς απευθύνεται σε μαθητές της πρώτης τάξης του Γυμνασίου. Στη σχεδίασή του όμως έχει ληφθεί μέριμνα ώστε να είναι δυνατή η εφαρμογή του και σε μαθητές μικρότερης ηλικίας, ως δευτερεύων στόχος.

Το λογισμικό διεκπεραιώνει μια αυτόματη εξατομικευμένη αξιολόγηση ορισμένων ικανοτήτων των μαθητών. Οι ικανότητες που απαιτούνται για την επιτυχή ολοκλήρωση των δοκιμασιών του λογισμικού έχουν επιλεγεί ως πιθανοί δείκτες μαθησιακής αρτιότητας, με έμφαση σε στοιχεία που απαρτίζουν το τυπικό προφίλ της ειδικής μαθησιακής δυσκολίας στο γραπτό λόγο, συχνά ονομαζόμενης δυσλεξίας (ειδικά για την ελληνική γλώσσα, βλ. Porpodas, 1999).

Το λογισμικό αυτό δεν έχει ως στόχο την εκτίμηση γνώσεων και ικανοτήτων βάσει του αναλυτικού σχολικού προγράμματος αλλά τη διερεύνηση γνωστικών και αισθητηριακών δεικτών που σχετίζονται με ειδικές μαθησιακές δυσκολίες. Στόχους δεν αποτελούν η λεπτομερής ή ολοκληρωμένη αξιολόγηση των μαθητών, η εξαγωγή ποσοτικών δεικτών επίδοσης, και η επιμέρους αξιολόγηση ή αναφορά ανά δοκιμασία, γνωσιακή ή δρασιακή κατηγορία. Τέλος, το λογισμικό αυτό δεν στοχεύει σε καμία περίπτωση να προτείνει διάγνωση ή στοιχεία διάγνωσης, να χαρακτηρίσει το προφίλ επίδοσης, ή να παράσχει συστάσεις εκπαιδευτικού χαρακτήρα (παρέμβασης, αποκατάστασης, ενισχυτικής διδασκαλίας κλπ.).

Η πρακτική εφαρμοσιμότητα του λογισμικού αποτελεί βασικό κριτήριο αξιολόγησής του. Θα πρέπει το εΜαΔυς να είναι εύκολο στη χρήση του από οποιονδήποτε εκπαιδευτικό της επικράτειας, να είναι αποδεκτό και εύχρηστο από όλους τους μαθητές, και να παρέχει χρήσιμη και αξιοποιήσιμη πληροφορία. Συνεπώς είναι σημαντικό να μην απαιτούνται ειδικές γνώσεις για τη χρήση του λογισμικού ούτε για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων, να παρέχεται η δέουσα καθοδήγηση τόσο προς τον εκπαιδευτικό όσο και προς τους μαθητές και τους γονείς-κηδεμόνες τους, και να υφίσταται η απαραίτητη υποδομή ιατροπαιδαγωγικών υπηρεσιών όπου να κατευθύνονται οι παραπομπές. Βεβαίως είναι σημαντικό για τη χρήση του λογισμικού αυτό να είναι κατάλληλο για τη συγκεκριμένη ηλικιακή κατηγορία ώστε να ολοκληρώνονται ευχάριστα οι δοκιμασίες χωρίς σημαντική απώλεια προσοχής.

Η χρησιμότητα του λογισμικού εΜαΔυς στη συγκέντρωση στατιστικών στοιχείων για την επιδημιολογία των ειδικών μαθησιακών δυσκολιών θα εξαρτηθεί από την καθολικότητα και την ομοιογένεια στην εφαρμογή του, δεν θα πρέπει όμως να υποτιμηθεί στα πλαίσια της χάραξης μιας εθνικής εκπαιδευτικής πολιτικής για τις μαθησιακές δυσκολίες.

Περιγραφή δοκιμασιών

Το λογισμικό εΜαΔυς, στην τρέχουσα μορφή του, περιλαμβάνει οκτώ δοκιμασίες, καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα ικανοτήτων σχετιζόμενων με την επίδοση στο λόγο, γραπτό και προφορικό. Συγκεκριμένα, εξετάζονται οι εξής τομείς: ανάγνωση, ορθογραφία, ακουστική αντίληψη, φωνολογική επεξεργασία και μνήμη. Στις ακόλουθες ενότητες περιγράφεται συνοπτικά κάθε δοκιμασία σε επίπεδο αλληλεπίδρασης-διεπαφής (interface) αλλά και περιεχομένου-ουσίας.

Ταχύτητα ανάγνωσης κειμένου με κατανόηση

Στη δοκιμασία αυτή σκοπός είναι η μέτρηση της ταχύτητας ανάγνωσης με παράλληλη αξιολόγηση της κατανόησης του κειμένου. Ο χρόνος ανάγνωσης προσδιορίζεται από δράση του χρήστη (πάτημα κουμπιού στο ποντίκι) για την έναρξη και τη λήξη της παρουσίασης του κειμένου. Η μέτρηση της κατανόησης του κειμένου καθεαυτή δεν αποτελεί το βασικό στόχο στη σχεδίαση της δοκιμασίας αλλά είναι απαραίτητη για να εξασφαλιστεί ότι ο χρήστης διαβάζει πράγματι προσεκτικά το κείμενο και δεν προχωρά βιαστικά στο επόμενο χωρίς ανάγνωση. Δεν αποκλείεται βέβαια κατά τη στατιστική ανάλυση των ευρημάτων της δοκιμαστικής εφαρμογής να προκύψει και σημαντική αυτοτελής ψυχομετρική αξία.

Η μορφή της αλληλεπίδρασης είναι η εξής: Ο χρήστης προκαλεί την έναρξη παρουσίασης του προς ανάγνωση κειμένου και (αφού το διαβάσει) τη λήξη της παρουσίασης. Ακολουθώς παρουσιάζονται τέσσερις εικόνες, μία από τις οποίες αντιστοιχεί στο κείμενο ενώ οι άλλες τρεις περιέχουν σημαντικές ομοιότητες αλλά τουλάχιστον μία κρίσιμη διαφορά που τις καθιστά λανθασμένες ως επιλογές. Ο χρήστης καλείται να επιλέξει την εικόνα που ταιριάζει με το κείμενο απορρίπτοντας τις άλλες. Δεν υπάρχει ένδειξη σχετικά με την ορθότητα των επιλογών.

Το επίπεδο δυσκολίας των κειμένων κυμαίνεται από ιδιαίτερα απλό έως απαιτητικό για την ηλικία-στόχο. Έτσι ελέγχεται σταδιακά ο βαθμός απαιτούμενης προσοχής για την επεξεργασία των κειμένων, με στόχο να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις στο χρόνο ανάγνωσης και ενδεχομένως και στο βαθμό κατανόησης και συγκράτησης των λεπτομερειών. Η γλωσσική δομή των κειμένων περιλαμβάνει απλές προτάσεις και έννοιες σε απλή παρατα-

κτική σύνταξη, αλλά και πιο περίπλοκες μορφές, δευτερεύουσες προτάσεις, εξωφρασικές αναφορές, παθητική φωνή, και αυξανόμενο μήκος φράσης. Αντίστοιχα, η επιλογή της κατάλληλης εικόνας για τον έλεγχο της κατανόησης κυμαίνεται από απλή αναγνώριση του γενικού νοήματος μέχρι απομνημόνευση λεπτομερειών. Τα δυσκολότερα κείμενα είναι ομαδοποιημένα έτσι ώστε να σχηματίζουν συνεχιζόμενες ενότητες, αυξάνοντας το γνωστικό φόρτο για τη συγκράτηση στοιχείων από προηγούμενα κείμενα που είναι απαραίτητα για την κατανόηση και ορθή ερμηνεία των επομένων.

Διόρθωση ορθογραφίας

Στη δοκιμασία αυτή σκοπός είναι η αξιολόγηση της ικανότητας εντοπισμού και διόρθωσης ορθογραφικών λαθών, με παρουσίαση στο χρήστη μιας σειράς κειμένων που περιέχουν λάθη, τα οποία αυτός καλείται να εντοπίσει και να διορθώσει. Από τη δοκιμασία αυτή μετράται το ποσοστό λαθών που εντοπίζονται, συνολικά και ανά κατηγορία, ο χρόνος ελέγχου κάθε κειμένου και η σχέση αυτού με το ποσοστό εντοπιζόμενων λαθών, το ποσοστό επιτυχούς διόρθωσης κάθε τύπου λάθους, τυχόν ανεπιτυχείς διορθώσεις, καθώς και ο χρόνος ανά διόρθωση.

Η μορφή της αλληλεπίδρασης είναι η εξής: Παρουσιάζεται στο χρήστη κάθε φορά ένα κείμενο, το οποίο περιέχει ορθογραφικά λάθη. Ο αριθμός των λαθών δεν είναι γνωστός στο χρήστη και κυμαίνεται σημαντικά μεταξύ των κειμένων. Ο χρήστης καλείται να ελέγξει το κείμενο και να επιλέξει, με το ποντίκι, κάθε ανορθόγραφη λέξη. Η λέξη που επιλέγεται αντιγράφεται σε χώρο διόρθωσης, όπου ο χρήστης επιλέγει το σημείο του λάθους. Τότε το γράμμα ή τα γράμματα που αντιστοιχούν σε ένα φθόγγο στο σημείο που επέλεξε ο χρήστης σβήνονται και ο χρήστης επιλέγει τα γράμματα που πρέπει να τοποθετηθούν στο σημείο αυτό της επιλεγμένης λέξης χρησιμοποιώντας πλήκτρα που απεικονίζονται στην οθόνη. Υπάρχει εικονίδιο αφαίρεσης χαρακτήρων και τονισμού φωνηέντων.

Στην κατασκευή των κειμένων λήφθηκε υπόψη ένα μέσο επίπεδο αναγνωστικής ικανότητας για την ηλικία-στόχο, ενώ τα ορθογραφικά λάθη που έχουν εισαχθεί στα κείμενα καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα δυσκολίας από τους βασικούς τύπους ορθογραφικών λαθών που αναμένονται στην ηλικία αυτή. Ελέγχονται στοιχεία μορφολογικά, σημασιολογικά και ιστορικά, ενώ περιλαμβάνονται και λάθη που αντιστοιχούν σε ομόηχες λέξεις, ώστε ο εντοπισμός της ανορθογραφίας να απαιτεί την ενσωμάτωση της λέξης στο συντακτικό και εννοιολογικό πλαίσιο του περικειμένου (context). Δεν περιλαμβάνονται φωνολογικά λάθη διότι αυτά δεν είναι αναμενόμενα με μεγάλη συχνότητα στην ηλικία-στόχο.

Ακουστική χρονική ανάλυση

Στη δοκιμασία αυτή σκοπός είναι η μέτρηση της αντίστροφης ακουστικής σκίασης. Η μετρούμενη ποσότητα είναι η ελάχιστη ένταση του εντοπιζόμενου τόνου που απαιτείται για την αξιόπιστη απόκριση στην παρουσίασή του. Μετράται δηλαδή ο ουδός εντοπισμού όσον αφορά στην ένταση (ακουστικό πλάτος) του σήματος. Η αντίστροφη σκίαση έχει βρεθεί ότι είναι αυξημένη πέραν του φυσιολογικού σε παιδιά με ειδική γλωσσική διαταραχή (Wright et al., 1997) και ότι βρίσκεται σε συνάφεια με δείκτες γλωσσικής επίδοσης στα παιδιά με δείκτες γλωσσικής ανάπτυξης εντός φυσιολογικών ορίων (Saunders et al., 1998). Εκτιμάται επίσης μια βάση αναφοράς για την ικανότητα εντοπισμού τόνων συγκεκριμένης διάρκειας και συχνότητας σε περιβάλλον ελεύθερο σκίασης, η οποία παρέχει και ακουομετρική πληροφορία για την στοιχειώδη ακουστική επάρκεια του εξεταζομένου.

Η μέτρηση της ικανότητας εντοπισμού γίνεται με μια σειρά επαναλαμβανόμενων παρουσιάσεων του ερεθίσματος-τόνου, τυχαία εναλλασσόμενων με διαστήματα απουσίας τόνου, έτσι ώστε να αποφευχθούν στρατηγικές απόκρισης ανεξάρτητες από την αντίληψη του τόνου. Σε κάθε διάστημα-επανάληψη της δοκιμασίας ο χρήστης μπορεί να αποκριθεί, αν αντιλήφθηκε τόνο, πατώντας σε κατάλληλη περιοχή της οθόνης με το ποντίκι, ή να μην αποκριθεί, αν δεν αντιλήφθηκε τόνο. Οι μετρήσεις χωρίς και με σκίαση γίνονται σε δύο ξεχωριστές φάσεις, με τη φάση σε περιβάλλον ελεύθερο σκίασης να προηγείται χρονικά, έτσι ώστε ο χρήστης να εξοικειώνεται με τη δοκιμασία και με τα ακουστικά χαρακτηριστικά των ερεθισμάτων.

Διάκριση συχνοτήτων

Στη δοκιμασία αυτή σκοπός είναι η μέτρηση της διακριτικής ικανότητας στο πεδίο των συχνοτήτων (με επιβάρυνση της βραχυπρόθεσμης μνήμης για την ακουστική αναπαράσταση). Η διάκριση συχνοτήτων έχει βρεθεί ότι είναι μειωμένη πέραν του φυσιολογικού σε παιδιά με δυσλεξία και σε ενήλικες με δυσκολίες στην ανάγνωση (Ahissar et al, 2000· Baldeweg et al., 1999· de Weirtdt, 1988). Η μέτρηση αυτή πραγματοποιείται με την παρουσίαση ζευγών απλών (ημιτονοειδών) τόνων που μπορεί να διαφέρουν σε συχνότητα ή να είναι απολύτως ίδιοι. Ο χρήστης καλείται να υποδείξει, πατώντας το κατάλληλο απεικονιζόμενο πλήκτρο στην οθόνη, αν προσέλαβε τους δύο ήχους ως ίδιους ή ως διαφορετικούς.

Η μέτρηση της ικανότητας διάκρισης γίνεται με μια σειρά επαναλαμβανόμενων παρουσιάσεων ζευγών διαφορετικών τόνων, τυχαία εναλλασσόμενων με ζεύγη όμοιων τόνων, ώστε να αποφευχθούν στρατηγικές απόκρισης ανεξάρτητες από την αντίληψη της διαφοράς.

Επανάληψη αλληλουχιών

Στη δοκιμασία αυτή σκοπός είναι η εκτίμηση της ικανότητας αναπαραγωγής ακουστικών αλληλουχιών που παρουσιάζονται με ταχύ ρυθμό και πρέπει η αντιληπτική επεξεργασία τους να ολοκληρωθεί υπό χρονική πίεση. Η ικανότητα επανάληψης αλληλουχιών ήχων έχει βρεθεί ότι είναι μειωμένη πέραν του φυσιολογικού σε παιδιά με αναπτυξιακή γλωσσική διαταραχή, με δυσλεξία, με φωνολογική διαταραχή, με σύνδρομο διάσπασης προσοχής και άλλες διαταραχές, καθώς και σε ενήλικες με δυσκολίες στην ανάγνωση (Tallal, 1980· Reed, 1989· Ahissar et al, 2000). Η μέτρηση πραγματοποιείται με την παρουσίαση μιας αλληλουχίας (ζεύγους ή τριάδας) ήχων, καθένας από τους οποίους ανήκει σε μία από δύο κατηγορίες γνωστές στον εξεταζόμενο. Πρόκειται για τη γνωστή στη βιβλιογραφία «δοκιμασία επανάληψης της Tallal» (Tallal repetition test). Οι ήχοι στη δοκιμασία που έχει υλοποιηθεί για το λογισμικό ΕΜΑΔΥΣ είναι απλοί (ημιτονοειδείς) τόνοι, ένας χαμηλής συχνότητας και ένας υψηλής συχνότητας. Οι δύο αυτές συχνότητες, που ορίζουν τις ακουστικές κατηγορίες της δοκιμασίας, είναι αρκετά διαφορετικές ώστε να γίνονται αντιληπτές ως διακριτές ακόμα και από άτομα με δυσκολία στη διάκριση συχνοτήτων. Ο χρήστης καλείται να επαναλάβει, πατώντας τα απεικονιζόμενα πλήκτρα στην οθόνη, την αλληλουχία που παρουσιάστηκε. Καθένα από τα δύο απεικονιζόμενα πλήκτρα αντιστοιχεί σε μια από τις δύο κατηγορίες και για τη διευκόλυνση του χρήστη παράγει τον αντίστοιχο ήχο όταν πατηθεί.

Οι μετρήσεις με ζεύγη ήχων και αυτές με τριάδες ήχων γίνονται σε δύο ξεχωριστές φάσεις, με τη φάση ζευγών να προηγείται χρονικά. Έτσι ο χρήστης εξοικειώνεται με τη δοκιμασία και με τα ακουστικά χαρακτηριστικά των ερεθισμάτων χωρίς την αυξημένη δυσκολία που παρουσιάζουν οι τριάδες, ιδιαίτερα για μικρές χρονικές αποστάσεις. Η μετρούμενη ποσότητα είναι η ελάχιστη χρονική απόσταση μεταξύ διαδοχικών τόνων μιας αλληλουχίας (ζεύγους ή τριάδας) που απαιτείται για την αξιόπιστη ορθή αναπαραγωγή όλων των στοιχείων της ακολουθίας με την ορθή σειρά.

Επανάληψη ψευδολέξεων

Στη δοκιμασία αυτή σκοπός είναι η εξακρίβωση της φωνητικής διακριτικής ικανότητας και η μέτρηση της φωνολογικής μνήμης. Τόσο η ικανότητα διάκρισης φωνημάτων (φθόγγων), ιδιαίτερα των εκρηκτικών, όσο και η ικανότητα συγκράτησης και αναπαραγωγής αλληλουχιών τους υπό μορφή ψευδολέξεων, έχουν συσχετισθεί στη βιβλιογραφία με ειδικές μαθησιακές δυσκολίες στο λόγο (γραπτό και προφορικό), καθώς και γενικότερα με γλωσσικές αναπτυξιακές διαταραχές (Adlard & Hazan, 1998· de Weirdt,

1988· Gottardo et al., 1997· Reed 1989· Taylor et al., 1989, αν και μπορεί να υπάρχει εξάρτηση από το ορθογραφικό σύστημα, βλ. Wimmer, 1993).

Από τα επιμέρους στοιχεία της δοκιμασίας αυτής εξετάζονται: (α) η φωνολογική επεξεργασία σε επίπεδο πρόσληψης φθόγγων, ως ορθή διάκριση και ταυτοποίηση ακουστικών ερεθισμάτων· (β) η φωνολογική επεξεργασία σε επίπεδο αναπαράστασης αλληλουχιών συλλαβών με παρόμοιους, πιθανά δυσδιάκριτους μεταξύ τους, φθόγγους· (γ) η φωνολογική μνήμη για άγνωστες αλληλουχίες φθόγγων (ψευδολέξεις) αυξανόμενης πολυπλοκότητας. Για την επιτυχή ολοκλήρωση κάθε στοιχείου απαιτείται η ικανότητα που μετράται στα προηγούμενα. Η δοκιμασία αυτή διαφέρει από συνήθεις δοκιμασίες κλινικής αξιολόγησης των σχετικών φωνολογικών ικανοτήτων κυρίως στον τρόπο απόκρισης του εξεταζόμενου, διότι η τεχνολογία δεν επιτρέπει την αξιόπιστη αυτόματη αξιολόγηση προφορικών αποκρίσεων.

Ταυτοποίηση εικόνας-λέξης

Στη δοκιμασία αυτή σκοπός είναι η εκτίμηση της ικανότητας σημασιολογικής και μορφολογικής αποσαφήνισης ορθογραφικών αναπαραστάσεων. Η μέθοδος μέτρησης είναι η ταυτοποίηση οπτικών αναπαραστάσεων, μία ορθογραφική και μία απεικονιστική (σκίτσο). Ο τρόπος απόκρισης του εξεταζόμενου είναι η επιλογή, μέσα από τέσσερις εναλλακτικές ορθογραφικές αναπαραστάσεις, αυτής που είναι ορθογραφικά σωστή αναφορικά με το συγκεκριμένο ερμηνευτικό πλαίσιο της εικόνας. Οι λανθασμένες εναλλακτικές ορθογραφικές επιλογές έχουν κατασκευαστεί ή επιλεγεί με στόχο να καλυφθεί ένα μεγάλο εύρος δυσκολίας αλλά και τύπων ορθογραφικών λαθών. Περιλαμβάνονται ανορθογραφίες μορφολογικού τύπου, ιστορικής ορθογραφίας καθώς και τονισμού (με σημασιολογικές συνέπειες).

Μνήμη γραμμάτων

Στη δοκιμασία αυτή σκοπός είναι η μέτρηση της βραχυπρόθεσμης μνήμης για οπτικό-λεκτικό περιεχόμενο, δεδομένου ότι άτομα με μαθησιακές δυσκολίες συχνά παρουσιάζουν ελλειμματική μνήμη (Swanson, 1994). Ο εξεταζόμενος μαθητής καλείται να απομνημονεύσει για σύντομο χρονικό διάστημα και να αναπαραγάγει αλληλουχίες γραμμάτων (συμφώνων) του ελληνικού αλφαβήτου. Η σχεδίαση της δοκιμασίας αυτής βασίζεται στην κλίμακα μνήμης αριθμών (digit span) των κλασικών δοκιμασιών νοημοσύνης, όπως π.χ. του WISC, όσον αφορά στις παραμέτρους και στη διαδικασία χορήγησης. Διαφέρει ως προς το περιεχόμενο, χρησιμοποιώντας γράμματα αντί αριθμητικών ψηφίων, καθώς και ως προς τον τρόπο παρουσίασης των ερεθισμάτων και καταχώρισης των αποκρίσεων. Η επιλογή γραμμάτων αντί αριθμητικών ψηφίων έγινε με στόχο την αύξηση του γνωστικού φόρτου για

μαθητές με χαμηλότερη εξοικείωση με το γραπτό λόγο. Τέτοιοι μαθητές είναι πιθανό να έχουν μειωμένη ικανότητα εσωτερικής αναπαράστασης ορθογραφικών αλληλουχιών, καθώς και μειωμένη ικανότητα σχηματισμού φωνολογικών αναπαραστάσεων για να υποστηρίξουν τα παρουσιαζόμενα ερεθίσματα (Barnea et al., 1994· Brady, 1986· Macaruso et al., 1996). Έτσι αναμένεται να μεγεθυνθούν οι όποιες διαφορές επίδοσης στη βραχυπρόθεσμη μνήμη μεταξύ μαθητών χωρίς και με ειδικά μαθησιακά προβλήματα.

Ο τρόπος παρουσίασης ερεθισμάτων είναι οπτικός και όχι ακουστικός διότι στη συστοιχία δοκιμασιών του εΜαΔυς υπάρχουν άλλες δοκιμασίες στις οποίες η ακουστική μνήμη αποτελεί αντικείμενο αξιολόγησης, ενώ ο τρόπος απόκρισης δε θα μπορούσε να είναι προφορικός χωρίς απώλεια αξιοπιστίας στην αυτοματοποίηση.

Η χορήγηση της δοκιμασίας αυτής έχει ως εξής: Ο χρήστης προκαλεί την παρουσίαση μιας αλληλουχίας γραμμάτων ενεργοποιώντας έναν «προβολέα». Τα γράμματα παρουσιάζονται στην οθόνη σε μεγάλο μέγεθος με ιδιαίτερα ευκρινή γραμματοσειρά, με ρυθμό περίπου ένα ανά δευτερόλεπτο. Όλα τα γράμματα κάθε αλληλουχίας παρουσιάζονται στο ίδιο ακριβώς σημείο της οθόνης, ώστε να αποκλειστεί η χρήση χωρικής πληροφορίας στην απομνημόνευση. Το μήκος της τρέχουσας αλληλουχίας δεν είναι ρητά γνωστό στο χρήστη, αλλά στην πράξη είναι πάντα το ίδιο ή μεγαλύτερο κατά ένα από την αμέσως προηγούμενη αλληλουχία. Μόλις παρουσιαστούν όλα τα γράμματα μιας αλληλουχίας ενεργοποιείται το πληκτρολόγιο της οθόνης, το οποίο περιέχει μόνο σύμφωνα, και από το οποίο ο χρήστης επιλέγει ένα προς ένα τα σύμφωνα της αλληλουχίας όπως τα θυμάται, ενώ υπάρχει και πλήκτρο διαγραφής για διορθώσεις.

Οι παρουσιαζόμενες αλληλουχίες είναι αυξανόμενου μήκους, αρχίζοντας από δύο γράμματα. Για κάθε μήκος παρουσιάζονται δύο αλληλουχίες, σε διαδοχικές προσπάθειες (επαναλήψεις). Αν ο χρήστης αποτύχει στην (πλήρη ορθή) αναπαραγωγή και των δύο αλληλουχιών κάποιου μήκους, τότε η δοκιμασία τερματίζεται. Αν ο χρήστης αναπαραγάγει ορθά μία τουλάχιστον από τις δύο αλληλουχίες του τρέχοντος μήκους, τότε η διαδικασία προχωρεί στην παρουσίαση αλληλουχιών μήκους αυξημένου κατά ένα. Το μέγιστο δυνατό μήκος αλληλουχίας είναι εννέα γράμματα, το οποίο ξεπερνά την αναμενόμενη χωρητικότητα μνήμης για τη συντριπτική πλειονότητα των εξεταζομένων.

Σχεδιαστικές αρχές

Στη σχεδίαση όλων των δοκιμασιών έχουν ληφθεί υπόψη διάφοροι παράγοντες με στόχο την αρτιότερη προσέγγιση των στόχων του λογισμι-

κού. Πρόκειται για στοιχεία που υπεισέρχονται στην οπτική εμφάνιση, τη διεπαφή αλληλεπίδρασης, το περιεχόμενο των δοκιμασιών, τη διατήρηση της προσοχής, κ.ά. Στις περιπτώσεις που παρουσιάζονται αντικρουόμενες απαιτήσεις για κάποιο ζήτημα έχει γίνει προσπάθεια συμβιβασμού με γνώμονα πάντα την τελική ψυχομετρική επάρκεια του λογισμικού, η οποία αποτελεί και το βασικό κριτήριο αξιολόγησης για την τελική εφαρμογή και λειτουργία του.

Η σχεδίαση των χαρακτήρων έχει γίνει με γνώμονα τη χρήση του λογισμικού από μαθητές ηλικίας μέχρι τις πρώτες τάξεις της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, με πιθανή και επιθυμητή την επέκταση της χρήσης του προς τις τελευταίες τάξεις του δημοτικού. Αυτό έχει αντίκτυπο τόσο στην επιλογή όσο και στη γραφική απόδοση των χαρακτήρων και των αντικειμένων.

Απλότητα

Η οπτική παρουσίαση των ασκήσεων έχει διατηρηθεί όσο το δυνατόν απλούστερη, χωρίς στοιχεία που θα μπορούσαν να αποσπάσουν την προσοχή. Στην οθόνη εμφανίζονται μόνο λειτουργικά στοιχεία, με ελάχιστες εξαιρέσεις για την ολοκληρωμένη παρουσίαση ενός μοτίβου, ενώ απουσιάζουν εντελώς διακοσμητικά στοιχεία ή άλλες πρόσθετες λεπτομέρειες και παραστάσεις. Όλες οι επιφάνειες είναι λείας υφής, σε ουδέτερα, ευχάριστα χρώματα. Η παρουσία της φιγούρας του «καθηγητή Βίδα» κρίνεται απαραίτητη για την εννοιολογική ενότητα των δοκιμασιών, για τη σεναριακή δικαιολόγηση της αλληλεπίδρασης, καθώς και για την παροχή ανατροφοδότησης, είτε αποκλειστικά ενισχυτικής (επιβράβευσης), είτε καθοδηγητικής (εξαρτώμενης από την ορθότητα της απόκρισης).

Η δυνατότητα δράσης του μαθητή-χρήστη περιορίζεται κάθε στιγμή στις λογικά επιτρεπτές κινήσεις σύμφωνα με το σενάριο κάθε δοκιμασίας. Οι ενεργές δυνατότητες είναι κάθε στιγμή οπτικά διαφοροποιημένες ώστε να καθοδηγείται ο χρήστης προς την αποδοτικότερη αξιοποίηση του λογισμικού και να μην μπορεί να «λοξοδρομήσει» από την αυστηρά προδιαγεγραμμένη αλληλεπίδραση αξιολόγησης. Σε περίπτωση που για τη συνέχεια της δοκιμασίας απαιτείται συγκεκριμένη απόκριση, το πεδίο της τελευταίας τραβά την προσοχή με έντονο οπτικό μηχανισμό (π.χ. αναβοσβήνει). Κινήσεις και δράσεις που δεν έχουν νόημα, ή δεν επιτρέπονται σε κάποια χρονική στιγμή, παρουσιάζονται εμφανώς απενεργοποιημένες.

Η μεγιστοποίηση της απλότητας της διεπαφής επιλέχθηκε ακόμα και σε βάρος ενδεχόμενης επιπλέον λειτουργικότητας όταν η τελευταία δεν κρίθηκε απαραίτητη. Αποφεύγεται η εισαγωγή νέων εννοιών, όπως του δρομέα, οι οποίες ενδεχομένως να φανούν γνωστικά περίπλοκες σε χρήστες μη

εξοικειωμένους με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Διεύρυνση της λειτουργικότητας θα παρείχε σε κάθε στιγμή πλήθος επιλογών δράσης στο χρήστη, μεταφέροντας την προσοχή από το περιεχόμενο της δοκιμασίας στις λεπτομέρειες της αλληλεπίδρασης, και θα δημιουργούσε ενδεχόμενο ασάφειας στην απόκριση του λογισμικού. Επίσης, η αυξημένη πολυπλοκότητα θα δημιουργούσε την ανάγκη πολλών οδηγιών για την περιγραφή τους, άρα και χρόνο για την παρουσίαση των οδηγιών και γνωστικούς πόρους για τη συγκράτηση των οδηγιών κατά την εκτέλεση της δοκιμασίας.

Πολυτροπική καθοδήγηση

Οι οδηγίες χρήσης παρουσιάζονται προφορικά και όχι γραπτά ώστε να μην αποτελούν πρόσθετο (ανεξέλεγκτο) παράγοντα δυσκολίας. Για να γίνουν καλύτερα κατανοητές, συνοδεύονται από οπτική παρουσίαση της αναμενόμενης χρήσης-αλληλεπίδρασης. Σε κάθε δοκιμασία παρέχεται επίδειξη χρήσης με «ένα παράδειγμα», όπως αναφέρεται στις προφορικές οδηγίες, η οποία περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία δράσης που είναι απαραίτητα για την ολοκλήρωση της δοκιμασίας. Το σενάριο οδηγιών χρησιμοποιεί απλή και σαφή γλώσσα και έχει εκφωνηθεί σε ύψος κατάλληλο για την ηλικιαστόχο.

Διατήρηση προσοχής και ενδιαφέροντος

Για τη διατήρηση της προσοχής του χρήστη και την αποφυγή της υπερβολικής κόπωσης χρησιμοποιείται η μέθοδος της απόκρισης ετοιμότητας, παρέχοντας τη δυνατότητα συχνής και απεριόριστης ξεκούρασης. Η μέθοδος αυτή συνίσταται στον έλεγχο από το χρήστη της έναρξης κάθε σταδίου ή επανάληψης της δοκιμασίας, όταν ο χρήστης κρίνει ότι είναι έτοιμος και με την προσοχή εστιασμένη στη δοκιμασία. Για τις δοκιμασίες ακουστικής αντίληψης, κατά τις οποίες παρουσιάζονται πολλές δεκάδες επαναλήψεων, κρίθηκε υπερβολικά κουραστική και ανεπιθύμητη η απαίτηση απόκρισης ετοιμότητας για κάθε μία μεμονωμένη επανάληψη, δεδομένης και της ηλικίας των χρηστών, με αποτέλεσμα την ομαδοποίηση ανά δέκα των ζευγών ερεθισμάτων-αποκρίσεων.

Στην παροχή κινήτρων και τη διατήρηση της προσοχής μπορεί να συμβάλλει ουσιαστικά η ενίσχυση της συμπεριφοράς του χρήστη με μηχανισμούς επιβράβευσης. Στην ψυχομετρική αξιολόγηση δε νοείται η παροχή πληροφορίας σχετικής με την επίδοση, διότι δεν είναι δυνατή η τυποποίηση της πληροφορίας και συνεπώς συνιστά παράγοντα εξωγενή που μπορεί να επηρεάσει το τελικό αποτέλεσμα. Στην ψυχοφυσική όμως η παροχή πληροφορίας εξαρτώμενης από την επίδοση αποτελεί σύνηθες μέσο επιτάχυνσης της προσέγγισης ενός αντιληπτικού ουδού. Άλλωστε, στην τελευταία περί-

πτωση η ανατροφοδότηση σε ακολουθία επαναλήψεων ίδιας μορφής, και μάλιστα προσαρμοζόμενης δυσκολίας, παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα βελτίωσης σε επόμενες αποκρίσεις. Αντίθετα, στην περίπτωση δοκιμασιών μεταβαλλομένου περιεχομένου μεταξύ επαναλήψεων δε νοείται δυνατότητα βελτίωσης. Έτσι αποφασίστηκε, αντίστοιχα, στις δοκιμασίες ακουστικής πρόσληψης να παρέχεται ενίσχυση εξαρτώμενη από την απόκριση, ενώ στις υπόλοιπες να δίνεται μια ελάχιστη θετική εικόνα «επιβράβευσης» ανεξάρτητα από την ορθότητα της απόκρισης.

Ψυχοφυσική διαδικασία

Η σχεδίαση της διαδικασίας παρουσίασης ερεθισμάτων εγγυάται ένα σταθερό ποσοστό εσφαλμένων αποκρίσεων, ίδιο για όλους τους χρήστες που δεν αποκρίνονται τυχαία, λόγω του συνεχώς μεταβαλλόμενου επιπέδου δυσκολίας που προσαρμόζεται γρήγορα στις ικανότητες κάθε χρήστη και διατηρεί τη δοκιμασία σε ένα οριακό επίπεδο επιτυχίας. Η εκτίμηση του ουδού πραγματοποιείται με τη μέθοδο προσαρμοζόμενης κλίμακας ερεθισμάτων με μεταβλητό βήμα. Αρχικά τα ερεθίσματα παρουσιάζονται με παραμέτρους που καθιστούν πολύ εύκολη την επιτυχία στη δοκιμασία (εντοπισμός, διάκριση, ή αναπαραγωγή). Η υπό μέτρηση παράμετρος μεταβάλλεται μετά από κάθε παρουσίαση, αυξάνοντας τη δυσκολία όταν καταγράφεται ορθή απόκριση ή μειώνοντάς τη μετά από λανθασμένη απόκριση. Μετά από κάθε μεταβολή ορθότητας απόκρισης, το βήμα μεταβολής της υπό μέτρηση παραμέτρου μειώνεται. Το βήμα αύξησης της δυσκολίας (μετά από λάθος) είναι μεγαλύτερο από το βήμα μείωσής της (μετά από ορθή απόκριση), έτσι ώστε η διαδικασία να συγκλίνει στον αντιληπτικό ουδό με προκαθορισμένη πιθανότητα.

Οι ρυθμίσεις της διαδικασίας εγγυώνται ότι ο αριθμός των ορθών αποκρίσεων θα είναι αρκετά μεγαλύτερος από τον αριθμό των εσφαλμένων, έτσι ώστε η πληροφορία ανατροφοδότησης να δρα ως θετικό κίνητρο επιμονής και βελτίωσης στη δοκιμασία. Η διαδικασία περιλαμβάνει μηχανισμό για την επιμήκυνσή της σε περίπτωση ασυνεπών αποκρίσεων (τυχαίες αποκρίσεις, έλλειψη προσοχής), ενώ υπάρχει πρόβλεψη για τερματισμό της διαδικασίας μετά από κάποιον αριθμό επαναλήψεων όταν δεν μπορεί να επιτευχθεί σύγκλιση.

Αυτοματοποίηση

Τόσο στην επιλογή των δοκιμασιών όσο και στη σχεδίαση της διεπαφής αλληλεπίδρασης καθεμιάς από αυτές, η πλήρης αυτοματοποίηση της διαδικασίας αξιολόγησης αποτέλεσε βασικό παράγοντα. Ως εκ τούτου, απορρίφθηκαν όλες οι εναλλακτικές δοκιμασίες ή μορφές αξιολόγησης που

θα απαιτούσαν τη συμμετοχή εξειδικευμένου προσωπικού, είτε κατά τη χορήγηση είτε κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων. Συνεπώς, η αξιοπιστία της τρέχουσας τεχνολογίας παίζει σημαντικό περιοριστικό ρόλο όσον αφορά στο σύνολο των πεδίων αξιολόγησης και των διεπαφών που είναι εφικτές.

Για παράδειγμα, η αυτόματη επεξεργασία και αξιολόγηση προφορικών αποκρίσεων δεν είναι σήμερα επαρκώς αξιόπιστη, ιδιαίτερα για την ομιλία παιδιών. Ομοίως, η αυτόματη επεξεργασία και αξιολόγηση χειρογράφου είναι αναξιόπιστη, αλλά και η συλλογή των απαραίτητων στοιχείων σε ηλεκτρονική μορφή είναι δύσκολη και απαιτεί ειδικό εξοπλισμό. Αυτό περιορίζει τις επιλογές σε δοκιμασίες που μπορούν να υλοποιηθούν με διεπαφές απόκρισης τύπου επιλογής (με το ποντίκι του υπολογιστή) ή πληκτρολόγησης (με το πληκτρολόγιο του υπολογιστή). Για λόγους απλότητας και ομοιομορφίας, και για τη διευκόλυνση χρηστών μη εξοικειωμένων με τη δακτυλογράφηση, επιλέχθηκε σε όλες τις περιπτώσεις η χρήση του (γνωστικά απλούστερου) ποντικιού, ακόμα και αν θα ήταν ιδανικά προτιμότερη η προφορική απόκριση. Γενικότερα, η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων μέσα από μια όσο το δυνατόν πιο αυτοματοποιημένη διαδικασία αποτέλεσε πρωταρχικό σχεδιαστικό κριτήριο.

Αρχεία και προγράμματα υποστήριξης

Το λογισμικό εΜαΔυς αποθηκεύει κάθε στοιχείο χρήσης του σε αρχεία συμβάντων. Το όνομα ή άλλα προσωπικά στοιχεία του μαθητή δεν αποθηκεύονται στο αρχείο συμβάντων, συνεπώς δεν υπάρχει δεοντολογικό ζήτημα για τη μεταφορά και επεξεργασία των αρχείων αυτών σε απομακρυσμένους σταθμούς εργασίας, ή για την επιθεώρηση των περιεχομένων τους από αρμόδιο προσωπικό χωρίς τη συγκατάθεση του χρήστη. Με τον τρόπο αυτό προστατεύονται προσωπικά δεδομένα των μαθητών χωρίς να περιορίζεται η χρησιμότητα των αποτελεσμάτων χρήσης του λογισμικού, για στατιστική, εκπαιδευτική, ή άλλη ερευνητική ανάλυση.

Το λογισμικό περιλαμβάνει εφαρμογή διαχείρισης χρηστών για τη δημιουργία και διαχείριση της βάσης δεδομένων των μαθητών που εκτελούν τις δοκιμασίες. Ο διαχειριστής του λογισμικού μπορεί να ενημερώνει το αρχείο χρηστών με τα στοιχεία των μαθητών πριν από την εκτέλεση των δοκιμασιών. Σε κάθε εγκατάσταση του λογισμικού δημιουργείται ένα αρχείο χρηστών, στο οποίο κάθε χρήστης λαμβάνει έναν αύξοντα αριθμό – κωδικό χρήστη. Τα στοιχεία του χρήστη, δηλαδή το ονοματεπώνυμο, αποθηκεύονται μόνο στον τοπικό σταθμό εργασίας. Η εκτέλεση της εφαρμογής απαιτεί την εισαγωγή κωδικού, ο οποίος θα πρέπει να είναι γνωστός μόνο

στον εκπαιδευτικό (ή άλλο αρμόδιο άτομο) που είναι υπεύθυνος για τη χορήγηση των δοκιμασιών

Για την κεντρική διαχείριση και επεξεργασία των αποτελεσμάτων των μετρήσεων συμπεριλαμβάνεται εφαρμογή ενημέρωσης κεντρικού εξυπηρέτη (server). Η εφαρμογή αυτή χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο ftp (file transfer protocol) για τη μεταφορά αρχείων προς ένα προκαθορισμένο σταθμό αποθήκευσης στοιχείων. Η κλήση της εφαρμογής αυτής γίνεται από την κεντρική οθόνη επιλογών και η ενημέρωση των αρχείων γίνεται αυτόματα, χωρίς να χρειάζεται καμία ειδική ενέργεια ή γνώση από το χρήστη του λογισμικού πέρα από την ενεργοποίησή της με την επιλογή μιας ενεργού περιοχής στην οθόνη. Μεγάλο βάρος στη σχεδίαση της εφαρμογής αυτής έχει δοθεί στην ασφάλεια των δεδομένων από δυσκολίες στη μεταφορά.

Πιλοτική εφαρμογή

Η τρέχουσα έκδοση του λογισμικού εΜαΔυς έχει κατασκευαστεί με στόχο να εφαρμοστεί πιλοτικά σε ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα μαθητών υπό την επίβλεψη ομάδας ειδικών. Η δοκιμαστική εφαρμογή είναι απαραίτητη έτσι ώστε να πραγματοποιηθούν: (α) Μελέτη προβλεπτικής εγκυρότητας της χρήσης του λογισμικού αναφορικά με τον επιδιωκόμενο στόχο του αυτόματου εντοπισμού μαθητών με ειδικές μαθησιακές δυσκολίες, σε σύγκριση με ανεξάρτητη εκτίμηση της μαθησιακής επάρκειας των μαθητών· (β) μελέτη εσωτερικής συνέπειας και αξιοπιστίας των στοιχείων του λογισμικού· (γ) ανάλυση τεμαχίων κάθε δοκιμασίας του λογισμικού και τροποποίηση του περιεχομένου με στόχο την ελαχιστοποίηση του χρόνου χορήγησης και τη μεγιστοποίηση της ψυχομετρικής επάρκειας· (δ) για κάθε δοκιμασία, ανάλυση σκοπιμότητας και αποτελεσματικότητας με γνώμονα τον επιδιωκόμενο στόχο του αυτόματου εντοπισμού μαθητών με ειδικές μαθησιακές δυσκολίες και αφαίρεση των αναποτελεσματικών ή αναξιόπιστων δοκιμασιών.

Για την πραγματοποίηση της δοκιμαστικής εφαρμογής ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι αυτοί, προβλέπεται η χορήγηση των δοκιμασιών του λογισμικού εΜαΔυς σε επαρκές αντιπροσωπευτικό δείγμα μαθητών της επικράτειας. Οι ίδιοι μαθητές θα πρέπει να υποβληθούν σε κλινική αξιολόγηση για τη διαπίστωση της ύπαρξης ή όχι ειδικών μαθησιακών δυσκολιών με συνήθεις μεθόδους και κριτήρια. Η διαδικασία αυτή μπορεί να εφαρμοστεί και με ένα επιπλέον δείγμα μαθητών με διαγνωσμένες μαθησιακές δυσκολίες, ώστε να εμπλουτιστεί το δείγμα προσδοκώμενης επιλογής.

Στη συνέχεια θα αναλυθούν τα αποτελέσματα των μετρήσεων με το λογισμικό σε σχέση με τη διάγνωση από την κλινική αξιολόγηση και θα με-

λητηθούν οι ιδιότητες κάθε δοκιμασίας ξεχωριστά καθώς και κάθε επιμέρους στοιχείου-περιεχομένου. Από την ανάλυση αυτή θα προκύψουν στοιχεία για την αναθεώρηση του λογισμικού και προτάσεις εφαρμογής του και ερμηνείας των αποτελεσμάτων του. Θα υπολογιστούν δείκτες αναφοράς και συντελεστές μετατροπής και κανονικοποίησης για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων από τη χορήγηση του λογισμικού. Θα μπορεί επίσης να κατασκευαστεί λογισμικό υποστήριξης, για εγκατάσταση στον κεντρικό εξυπηρέτη του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου, το οποίο να εξάγει αυτόματα δείκτες επίδοσης και τελική σύσταση (παραπομπή ή όχι) για κάθε μαθητή-χρήστη. Θα μπορούν επίσης να προγραμματιστούν κατάλληλες εφαρμογές στατιστικής ανάλυσης των αποτελεσμάτων για χρήση στο στρατηγικό σχεδιασμό του Π.Ι. και του ΥΠ.Ε.Π.Θ. όσον αφορά στη διάγνωση και αντιμετώπιση ειδικών μαθησιακών δυσκολιών σε όλη την επικράτεια αλλά και κατά περιοχή.

Βιβλιογραφία

- Adlard, A., & V. Hazan (1998). Speech perception in children with specific reading difficulties (dyslexia). *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology* **51A**(1):153–177.
- Ahissar, M., A. Protopapas, M. Reid, and M.M. Merzenich (2000). Auditory processing parallels reading abilities in adults. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A.* **97**(12): 6832–6837.
- Baldeweg T., A. Richardson, S. Watkins, C. Foale, & J. Gruzelier (1999). Impaired auditory frequency discrimination in dyslexia detected with mismatch evoked potentials. *Annals of Neurology* **45**(4):495-503.
- Barnea, A., O. Lamm, R. Epstein, & H. Pratt (1994). Brain potentials from dyslexic children recorded during short-term memory tasks. *International Journal of Neuroscience* **74**(1-4):227–237.
- Brady, S (1986). Short-term memory, phonological processing, and reading ability. *Annals of Dyslexia* **36**:138–153.
- de Weirdt, W. (1988). Speech perception and frequency discrimination in good and poor readers. *Applied Psycholinguistics* **9**(2):163–183
- Gottardo, A., L.S. Siegel, & K.E. Stanovich (1997). The assessment of adults with reading disabilities: What can we learn from experimental tasks? *Journal of Research in Reading* **20**(1):42–54.
- Macaruso, P., J.L. Locke, S.T. Smith, & S. Powers (1996). Short-term memory and phonological coding in developmental dyslexia. *Journal of Neurolinguistics* **9**(2):135–146.
- Papadopoulos, G., M. Karamanis & P. Roussos (2000). Added Value Services in the Greek Web for Schools. In J. Burdeau and R. Heller (Eds).

Proceedings of Ed-Media 2000. World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Communications 1040-1041. AACE, Charlottesville.

Porpodas, C.D. (1999). Patterns of phonological and memory processing in beginning readers and spellers of Greek. *Journal of Learning Disabilities* **32**(5): 406–416.

Reed, M (1989). Speech perception and the discrimination of brief auditory cues in reading disabled children. *Journal of Experimental Child Psychology* **48**(2):270–292.

Saunders, G.H., A. Protopapas, G. Cangiano, T. Salz, & L.F. Cerles (1998). Relation of backward masking and frequency discrimination to reading and language among 5–12 year old children. *The Journal of the Acoustical Society of America* **104**(3 Pt 2):1800.

Swanson, H.L. (1994). Short-term memory and working memory: Do both contribute to our understanding of academic achievement in children and adults with learning disabilities? *Journal of Learning Disabilities* **27**(1):34–50.

Tallal, P (1980). Auditory temporal perception, phonics, and reading disabilities in children. *Brain & Language* **9**(2):182–198.

Taylor, H.G., D. Lean, & S. Schwartz (1989). Pseudoword repetition ability in learning-disabled children. *Applied Psycholinguistics* **10**(2):203–219

Temple, E., R.A. Poldrack, A. Protopapas, S. Nagarajan, T. Salz, P. Tallal, M.M. Merzenich, & J.D.E. Gabrieli (2000). Disruption of the neural response to rapid acoustic stimuli in dyslexia: Evidence from functional MRI. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A.* **97**(25):13907–13912.

Wimmer, H. (1993). Characteristics of developmental dyslexia in a regular writing system. *Applied Psycholinguistics* **14**(1):1–33.

Wright, B.A., L.J. Lombardino, W.M. King, C.S. Puranik, C.M. Leonard, & M.M. Merzenich (1997). Deficits in auditory temporal and spectral resolution in language-impaired children. *Nature* **387**(6629): 176–178.