-0,Πρώτος συγγραφέας:
Ιωάννης Καραγιαννάκης,
Εργαστήριο Πειραματικής Ψυχολογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
g.karagiannakis@primedu.uoa.gr
Διεύθυνση: Τμήμα Ψυχολογίας, ΕΚΠΑ
Πανεπιστημιούπολη, 15784 Ηλύσια

Δεύτερος συγγραφέας:
Πέτρος Ρούσσος
Τμήμα Ψυχολογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
roussosp@psych.uoa.gr
Διεύθυνση: Τμήμα Ψυχολογίας, ΕΚΠΑ
Πανεπιστημιούπολη, 15784 Ηλύσια

Τρίτος συγγραφέας:
Φωτεινή Πολυχρόνη
Τμήμα Ψυχολογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
fpolychr@psych.uoa.gr
Διεύθυνση: Τμήμα Ψυχολογίας, ΕΚΠΑ
Πανεπιστημιούπολη, 15784 Ηλύσια

First Author:
Giannis Karagiannakis,
Experimental Psychology Lab,National and Kapodistrian University of Athens, Athens, Greece

Second Author:
Petros Roussos
Department of Psychology, National and Kapodistrian University of Athens, Athens, Greece

Third Author:
Fotini Polychroni
Department of Psychology, National and Kapodistrian University of Athens, Athens, Greece

Mathematical Profile Test: προσαρμογή και στάθμιση στην Ελληνική Γλώσσα

Περίληψη

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει την προσαρμογή και στάθμιση στην Ελληνική Γλώσσα του Mathematical Profile Test (MathPro Test – Karagiannakis & Nöel, 2020), ενός θεωρητικά τεκμηριωμένου εργαλείου αξιολόγησης ενός διευρυμένου φάσματος σημαντικών μαθηματικών δεξιοτήτων. Πρόκειται για ένα αυτόνομο διαδικτυακό εργαλείο, το οποίο μπορεί να χορηγηθεί ατομικά ή ομαδικά. Το MathPro Test περιλαμβάνει 18 υποκλίμακες οι οποίες κατηγοριοποιούνται σε μαθηματικές δεξιότητες που εδράζονται είτε σε ειδικά αριθμητικά γνωστικά συστήματα (επίγνωση αριθμού) είτε σε γνωστικές δεξιότητες γενικού τομέα (μνήμη, οπτικο-χωρικό, συλλογιστική). Στη μελέτη έλαβαν μέρος 2371 μαθητές Α΄ έως Στ΄ δημοτικού που επιλέχθηκαν με την μέθοδο των προκαθορισμένων ποσοστών από επτά νομούς της Ελλάδας. Το MathPro Test διαθέτει ικανοποιητικό βαθμό εσωτερικής συνοχής με βάση το δείκτη omega. Ο συντελεστής γραμμικής συσχέτιση Pearson' s μεταξύ χορήγησης - επαναχορήγησης σε μέρος του δείγματος επιβεβαίωσε την αξιοπιστία επαναληπτικών μετρήσεων του εργαλείου. Τέλος, βρέθηκαν στατιστικώς σημαντικές συσχετίσεις με τις εκτιμήσεις των εκπαιδευτικών αναφορικά με την επίδοση των μαθητών στα μαθηματικά ενώ τα παιδιά με δυσκολίες στα μαθηματικά σημείωσαν σημαντικά χαμηλότερη επίδοση με βάση τα αποτελέσματα πολλαπλών ελέγχων t ενός δείγματος. Όλα τα παραπάνω δείχνουν πως το MathPro Test θεωρείται ένα αξιόπιστο εργαλείο ευαίσθητο στο βαθμό δυσκολίας στα μαθηματικά, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για τη διεξαγωγή μελετών μεγάλης κλίμακας όσο και για τη λεπτομερή αξιολόγηση του μαθηματικού προφίλ παιδιών με (ή χωρίς) μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά – Δυσαριθμησία προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για διαγνωστικούς λόγους καθώς και στοχευμένη παρέμβαση με βάση τα δυνατά και αδύναμα σημεία κάθε μαθητή στα μαθηματικά.

Λέξεις κλειδιά: αξιολόγηση, μαθηματικές δυσκολίες, μαθηματικές δεξιότητες, δυσαριθμησία.

Mathematical Profile Test: adaptation & standardization in Greek

Abstract

The present study presents the adaptation and standardization of the Mathematical Profile Test (MathProζTest – Karagiannakis & Nöel, 2020) in Greek, a theoretically - driven assessment tool covering a wide range of important mathematical skills. It is an autonomous online battery which can be administered individually or in groups. The MathPro test includes 18 tasks which assess numerical skills related either to specific cognitive domain (core number), or to general cognitive domains (visual-spatial, memory, or reasoning). This test was administered to a sample of 2371 primary school children (Grades 1-6) which was recruited from seven geographical prefectures of Greece following quota sampling. According omega coefficient, the MathPro Test showed satisfactory internal consistency. Pearson's coefficient between test-retest confirmed the repeated measures reliability. Finally, significant and stable correlation with teachers' evaluation on mathematical performance across all grades were found with children with difficulties in mathematics to be performed significantly lower according the results of the multiple one sample t-test. This all suggests that the MathPro test is a reliable tool sensitive in mathematical difficulties that can be used both in conducting large scale research and assessing in detail the mathematical profile of children with or without mathematical learning difficulties – dyscalculia for diagnosis purposes and focused intervention based on the individuals strengths and weaknesses in mathematics.

Keywords: assessment, mathematical difficulties, mathematical skills, dyscalculia.

Εισαγωγή

Στη σημερινή εποχή η απόκτηση μαθηματικών δεξιοτήτων φαίνεται πως διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ζωή των ανθρώπων. Πράγματι οι υψηλές μαθηματικές δεξιότητες δείχνουν να σχετίζονται με περισσότερες ευκαιρίες επαγγελματικής αποκατάστασης και υψηλότερες αποδοχές (Parsons & Bynner, 2006· Dowker, 2005· Peters et al., 2019), με επωφελείς οικονομικές αποφάσεις (Lusardi & Tufano, 2015) ακόμα και με καλύτερους δείκτες υγείας (Låg, Bauger, Lindberg & Friborg, 2014· Rolison, Morsanyi, & Peters, 2020). Παρόλα αυτά, αρκετοί ενήλικες και παιδιά, ακόμα και σε ανεπτυγμένες χώρες, παρουσιάζουν ανεπαρκείς μαθηματικές δεξιότητες (OECD, 2019). Σύμφωνα με έρευνα της PISA (Programme for International Student Assessment), το 35,8% των 15-χρονων Ελλήνων μαθητών έχει χαμηλή επίδοση στα μαθηματικά (OECD, 2019).

Όταν οι ελλειμματικές μαθηματικές δεξιότητες δεν οφείλονται σε προβλήματα χαμηλής νοημοσύνης ή σε εξωγενή αίτια όπως κοινωνικοοικονομικούς, εκπαιδευτικούς, και συναισθηματικούς παράγοντες, τότε συνηθίζεται να ονομάζονται μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά (ΜΔΜ) ή Δυσαριθμησία (Dyscalculia), αν και στη διεθνή βιβλιογραφία μπορεί να βρει κανείς πληθώρα όρων που επιχειρούν να περιγράψουν τη μη-τυπική ανάπτυξη μαθηματικών δεξιοτήτων (για περισσότερα βλ. στο Καραγιαννάκης, 2018). Βασική αιτία αυτής της σύγχυσης στην ορολογία, αποτελεί το γεγονός ότι δεν υπάρχει ακόμη μια γενικά αποδεκτή κατηγοριοποίηση των αναπτυξιακών δυσκολιών της μάθησης των μαθηματικών (Szücs, 2016). Πράγματι, μια πρόσφατη επισκόπηση 164 μελετών για τις ΜΔΜ, ανέδειξε την πολυφωνία αναφορικά με τον ορισμό των ΜΔΜ, η οποία οφειλόταν κυρίως στη μεταβλητότητα του κατώτατου ουδού που χρησιμοποιήθηκε για τον εντοπισμό των μαθητών με ΜΔΜ (Lewis & Fisher, 2016). Στο 90% των συγκεκριμένων μελετών τα σημεία τομής (cut-off scores) που χρησιμοποιήθηκαν σε μαθηματικά δοκίμια κυμάνθηκαν από το 2ο έως το 46ο εκατοστημόριο. Έτσι, τα παιδιά που μπορεί να κατηγοριοποιήθηκαν στην ομάδα των ΜΔΜ σε μια μελέτη δεν σημαίνει πως κατηγοριοποιήθηκαν στην ίδια ομάδα σε μια άλλη.

Ο εντοπισμός των παιδιών με ΜΔΜ γίνεται συνήθως θέτοντας ένα κατώτατο ουδό σε σταθμισμένα μαθηματικά δοκίμια (Geary, 2005· Geary, 2004· Gersten et al., 2012). Τα δοκίμια αυτά χορηγούνται συνήθως με μολύβι και χαρτί και αξιολογούν διαφορετικά μαθηματικά πεδία ανάλογα με το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών κάθε χώρας. Ωστόσο, τα αποτελέσματα δεν

Ενδέχεται να υπάρξουν ορισμένες αλλαγές/αναθεωρήσεις πριν την έκδοση.

φαίνεται να είναι αξιόπιστα, καθώς υπερεκτιμούν τη μαθηματική επάρκεια των μαθητών σε ορισμένα πεδία και την υποεκτιμούν σε άλλα (Jordan et al., 2003).

Οι Murphy, Mazzocco, Hanich και Early (2007) βρήκαν πως τα σημεία τομής που ως επι το πλείστων χρησιμοποιούνται (10ο και 25ο εκατοστημόριο) εντοπίζουν ομάδες παιδιών με διαφορετικά γνωστικά προφίλ. Πράγματι, πρόσφατα ευρήματα υποστηρίζουν την άποψη πως οι μαθητές με ΜΔΜ παρουσιάζουν ετερογένεια και πως η προσπάθεια να αναγάγει κανείς την άτυπη αριθμητική ανάπτυξη σε ένα κεντρικό έλλειμα θεωρείται πολύ απλοϊκή (Bartelet, Ansari, Vaessen & Blomert, 2014· Ashkenazi, Black, Abrams, Hoeft, & Menon, 2013). Αυτό οδήγησε τους ερευνητές στη διερεύνηση διάφορων υπότυπων ΜΔΜ προκειμένου να ερμηνεύσουν τη διαφορετικότητα μεταξύ των μαθητών με ΜΔΜ (π.χ. Fuchs & Fuchs, 2002· Geary, 2004· von Aster & Shalev, 2007· Bartelet et.al., 2014) υποστηρίζοντας την πολυδιάστατη προσέγγιση των ΜΔΜ (Andersson & Östergren, 2012· Szucs, 2016) και συστήνοντας πως η μελέτη των ΜΔΜ θα πρέπει να γίνεται σε εξατομικευμένο επίπεδο (Huijsmans, Kleemans, Ven & Kroesbergen, 2020).

Στη γραμμή της πολυδιάστατης προσέγγισης των ΜΔΜ, οι Karagiannakis, Baccaglini-Frank και Papadatos (2014) εισήγαγαν ένα τετράπτυχο μοντέλο κατηγοριοποίησης των βασικών μαθηματικών δυσκολιών (ή δεξιοτήτων) χρησιμοποιώντας ως κριτήριο τις γνωστικές δεξιότητες στις οποίες φαίνεται πως εδράζονται. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθηματικές δεξιότητες (ΜΔ) μπορεί να εδράζονται είτε σε ειδικά αριθμητικά γνωστικά συστήματα (τομέας επίγνωσης αριθμού) είτε σε γνωστικές δεξιότητες γενικού τομέα (τομέας μνήμης, οπτικο-χωρικός, συλλογιστικής). Το τετράπτυχο μοντέλο ΜΔ επιχειρεί να συμπεριλάβει τις κυρίαρχες υποθέσεις προέλευσης των ΜΔΜ καλύπτοντας παράλληλα ορισμένους περιορισμούς προγενέστερων μοντέλων κατηγοριοποίησης των ΜΔΜ (για περισσότερα δες βλ. στο Karagiannakis, Baccaglini-Frank & Roussos, 2017).

Στη βάση του θεωρητικού πλαισίου του τετράπτυχου μοντέλου ΜΔ, οι Καραγιαννάκης και Nöel κατασκεύασαν το MathPro Test (Karagiannakis & Nöel, 2020) το οποίο χορηγείται μέσω Η/Υ σε μαθητές Α΄ έως Στ΄ Δημοτικού. Το MathPro Test επιχειρεί να αξιολογήσει ένα ευρύ φάσμα μαθηματικών δεξιοτήτων αριθμητικής και γεωμετρίας που αναμένεται να αποκτήσουν οι μαθητές κατά τη διάρκεια της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Περιλαμβάνει 18 κύριες υποκλίμακες που έχουν κατηγοριοποιηθεί με βάση τις γνωστικές δεξιότητες στις οποίες εδράζονται στους τομείς του τετράπτυχου μοντέλου: Επίγνωση αριθμού, Μνήμη, Συλλογιστική και Οπτικο-χωρικό

(Karagiannakis et. al., 2014) και δυο επιπλέον υποκλίμακες που υπολογίζουν την ταχύτητα απόκρισης κάθε εξεταζόμενου. Ο πίνακας 1 παρουσιάζει την κατηγοριοποίηση των υποκλιμάκων ανά τομέα. Οι επιμέρους τομείς του μοντέλου αυτού, δεν δομούνται a priori ιεραρχικά. Οι δυσκολίες ενός παιδιού μπορεί να εντοπίζονται μόνο σε έναν τομέα ή σε οποιοδήποτε συνδυασμό τους (Καραγιαννάκης, 2018· Karagiannakis, Baccaglini-Frank & Roussos, 2017). Ο βασικός στόχος του τετράπτυχου μοντέλου ΜΔ είναι η ενδελεχής σκιαγράφηση τόσο των δυσκολιών όσο και των δεξιοτήτων των μαθητών στα μαθηματικά. Αυτό μπορεί να συμβάλει καθοριστικά τόσο στη διάγνωση των ΜΔΜ με πολυδιάστατο τρόπο, όσο και στην παροχή χρήσιμων πληροφοριών στους εκπαιδευτικούς (εκπαιδευτικοί σχολείου, ειδικοί παιδαγωγοί) για το πώς να προσαρμόσουν τη διδασκαλία/παρέμβαση με βάση τα εξατομικευμένα μαθηματικά γνωστικά προφίλ των μαθητών τους (Fletcher, Lyon, Fuchs & Barnes, 2007· Watson & Gable, 2013· Karagiannakis & Cooreman, 2014· Baccaglini-Frank, επι πιεστηρίου).

Πίνακας 1
Κατηγοριοποίηση των υποκλιμάκων του MathPro Test στους τομείς του τετράπτυχου μοντέλου ΜΔ.

Επίγνωση αριθμού	Μνήμη	Συλλογιστική	Οπτικο-χωρικός
1. Σύγκριση κουκίδων	6. Υπαγόρευση αριθμών	4. Σύγκριση πολυψήφιων αριθμών	13. Αριθμογραμμές 0-100
3. Σύγκριση μονοψήφιων αριθμών	7. Ο επόμενος αριθμός	14. Νοεροί υπολογισμοί	15. Αριθμογραμμές 0-1000
9. Άμεση εκτίμηση κουκίδων	8. Ο προηγούμενος αριθμός	18. Προβλήματα	16. Τετράγωνα
	10. Απαρίθμηση	19. Αρχές αριθμητικής	17. Κύβοι
	11. Ανάκληση αθροισμάτων	20. Αριθμητικά μοτίβα	
	12. Ανάκληση γινομένων		

2. Ταχύτητα χρήσης ποντικιού[1] 5. Ταχύτητα χρήσης αριθμομηχανής[1]

Το MathPro Test έχει χορηγηθεί μέχρι στιγμής σε πληθυσμούς μαθητών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Ά έως Στ΄ τάξεις) στο Βέλγιο (Karagiannakis & Nöel, 2020), στην Ιταλία

[1] Οι υποκλίμακες 2 και 5 χρησιμοποιούνται προκειμένου να ελεγχθεί η ταχύτητα απόκρισης των εξεταζόμενων.

Ενδέχεται να υπάρξουν ορισμένες αλλαγές/αναθεωρήσεις πριν την έκδοση.

(Baccaglini-Frank, Karagiannakis, Pini, Termine, & Girelli, 2020), στη Μάλτα (Farrell, Falzon & Karagiannakis, 2020) και στην Ολλανδία. Τα αποτελέσματα των παραπάνω μελετών έδειξαν πως πρόκειται για ένα εργαλείο που διαθέτει ικανοποιητικό βαθμό εσωτερικής συνοχής. Παρατηρήθηκε καλύτερη επίδοση των μαθητών στις επιμέρους υποκλίμακες διαμέσου όλων των τάξεων με το επίπεδο δυσκολίας των δραστηριοτήτων εντός των υποκλιμάκων να διαφέρει από τάξη σε τάξη. Οι μαθητές με δυσκολίες στα μαθηματικά σημείωσαν στατιστικά σημαντική χαμηλότερη επίδοση στο MathPro Test σε σχέση με τους συμμαθητές τους. Η επίδοση των μαθητών στο MathPro Test σε όλες τις τάξεις συσχετίστηκε στατιστικά σημαντικά με την επίδοση σε σταθμισμένο δοκίμιο αξιολόγησης στα μαθηματικά (Karagiannakis & Nöel, 2020) επιβεβαιώνοντας τη συγκλίνουσα εγκυρότητα του εργαλείου. Συνοψίζοντας, τα μέχρι στιγμής ευρήματα, υποστηρίζουν σε μεγάλο βαθμό την αξιοπιστία και εγκυρότητα του MathPro Test καθώς και την ευαισθησία του εργαλείου στους παράγοντες σχολική τάξη, βαθμός δυσκολίας των υποκλιμάκων και βαθμός δυσκολίας στα μαθηματικά.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση της προσαρμογής και στάθμισης του MathPro Test στον ελληνικό πληθυσμό. Πιο συγκεκριμένα, θα παρουσιαστούν: οι υποκλίμακες του εργαλείου προσαρμοσμένες στην Ελληνική Γλώσσα, οι περιγραφικοί δείκτες των υποκλιμάκων ανά τάξη, ο έλεγχος εσωτερικής συνοχής των υποκλιμάκων, ο τρόπος με τον οποίο σχετίζεται η επίδοση των μαθητών στις επιμέρους υποκλίμακες με την επίδοση τους στο μάθημα των μαθηματικών σύμφωνα με την κρίση των εκπαιδευτικών της τάξης καθώς και οι επιδόσεις των μαθητών που δυσκολεύονται στα μαθηματικά σε σχέση με τους συμμαθητές τους. Στην παρούσα μελέτη η αξιοπιστία του MathPro Test θα αξιολογηθεί επιπλέον με έλεγχο επαναληπτικών μετρήσεων (χορήγηση - επαναχορήγηση) ώστε να εξεταστεί η σταθερότητα των μετρήσεων.

Μέθοδος

Συμμετέχοντες

Το τελικό δείγμα αποτέλεσαν 2371 μαθητές Α’ έως ΣΤ’ δημοτικού, τα οποία επιλέχθηκαν τυχαία από 48 σχολεία πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης εφτά γεωγραφικών νομών της Ελλάδας (Αττική, Εύβοια, Κρήτη, Ήπειρος, Πελοπόννησος, Νότιο Αιγαίο, Θεσσαλία). Η επιλογή των σχολείων έγινε με τη μέθοδο των προκαθορισμένων ποσοστών λαμβάνοντας υπόψη τους

Ενδέχεται να υπάρξουν ορισμένες αλλαγές/αναθεωρήσεις πριν την έκδοση.

παράγοντες περιοχή (αστική ή ημιαστική/αγροτική), σχολείο (δημόσιο ή ιδιωτικό), φύλο (αγόρια/κορίτσια) και τάξη φοίτησης, χρησιμοποιώντας ως μονάδα επιλογής το σχολείο συμπεριλαμβάνοντας τους μαθητές που έλαβαν τη συναίνεση των γονέων τους να συμμετάσχουν στην έρευνα. Απαραίτητο κριτήριο για την επιλογή των σχολείων αποτέλεσε ο εξοπλισμός που αυτά διέθεταν αναφορικά με την ποιότητα των ηλεκτρονικών υπολογιστών και τη δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο. Τα σχολεία που δεν διέθεταν επαρκή αριθμό Η/Υ ή/και ακουστικών κεφαλής ενισχύθηκαν με φορητές συσκευές από την ερευνητική ομάδα. Στο τελικό δείγμα δεν συμπεριελήφθησαν οι μαθητές που δεν γνώριζαν επαρκώς την ελληνική γλώσσα κατά δήλωση του εκπαιδευτικού της τάξης. Ο πίνακας 2 παρουσιάζει τα περιγραφικά στατιστικά των συμμετεχόντων. Ο αριθμός των αγοριών και των κοριτσιών δεν διέφερε όσον αφορά την τάξη $\chi^2(5, N = 2371) = 6{,}98$, $p = 0{,}22$ ενώ το ποσοστό σφάλματος της δειγματοληψίας $e = 2\%$ επιβεβαίωσε την αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος.

Πίνακας 2

Κατανομή του δείγματος κατά τάξη, φύλο, γεωγραφική περιοχή και είδος σχολείου.

Τάξη	Ηλικία	Φύλο		Περιοχή		Σύνολο
	(μήνες)	Αγόρια	Κορίτσια	Αστική	Ημιαστική/Αγροτική	(Ιδιωτικό σχολείο)
Α’	80.5±7.9	153	174	201	116	317 (72)
Β’	92.3±3.9	161	144	187	105	292 (58)
Γ’	104.6±3.7	216	186	253	138	391 (70)
Δ΄	116.6±4.1	311	280	458	125	583 (91)
Ε’	127.4±3.7	230	197	244	180	424 (39)
ΣΤ’	139.6±4.5	175	190	188	176	364 (40)
Σύνολο		1246	1125	1531	840	N= 2371

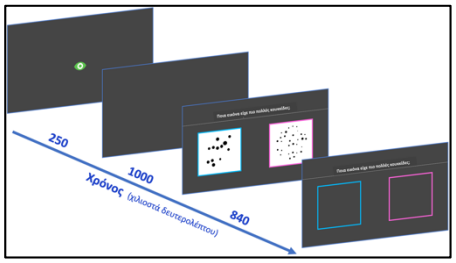
MathPro Test

Το MathPro Test περιλαμβάνει 18 υποκλίμακες μαθηματικών δεξιοτήτων και δύο επιπλέον υποκλίμακες (Ταχύτητα χρήσης ποντικού & Ταχύτητα χρήσης αριθμομηχανής) που καταγράφουν την ταχύτητα με την οποία οι εξεταζόμενοι αλληλοεπιδρούν με το περιβάλλον της δοκιμασίας, ώστε να ελεγχθεί ο χρόνος απόκρισης σε εκείνες τις υποκλίμακες όπου ο χρόνος καταγράφεται. Οι οδηγίες χορήγησης κάθε υποκλίμακας παρέχονται μέσω πολυμέσων από το λειτουργικό σύστημα του MathPro Test και μπορούν να επαναληφθούν εφόσον ζητηθεί από το χρήστη

Ενδέχεται να υπάρξουν ορισμένες αλλαγές/αναθεωρήσεις πριν την έκδοση.

επιλέγοντας το αντίστοιχο πεδίο στην οθόνη του υπολογιστή. Πριν ξεκινήσει η πραγματική εξέταση κάθε υποκλίμακας, ακολουθούν τρεις δραστηριότητες πρακτικής εξάσκησης. Στις δραστηριότητες της πρακτικής εξάσκησης παρέχεται διορθωτική ανατροφοδότηση προκειμένου να εξακριβωθεί κατά πόσο ο εξεταζόμενος έχει κατανοήσει τι ακριβώς του ζητείται σε κάθε υποκλίμακα. Οι εν λόγω δραστηριότητες χαρακτηρίζονται από πολύ μικρό βαθμό δυσκολίας ώστε να μην επηρεάσουν την επίδοση του εξεταζομένου στις μετέπειτα δραστηριότητες. Οι λανθασμένες απαντήσεις στο στάδιο της πρακτικής εξάσκησης συνοδεύονται με περαιτέρω διευκρινιστικές οδηγίες (π.χ., «Πρόσεξε οι κουκίδες εμφανίζονται για πολύ λίγο χρόνο. Το μέγεθος των κουκίδων δεν παίζει ρόλο»). Σε εκείνες τις υποκλίμακες όπου πέρα της ακρίβειας/ορθότητας της απάντησης καταγράφεται και ο χρόνος απόκρισης, υπάρχει μεταξύ του σταδίου της πρακτικής εξάσκησης και αυτού της πραγματικής εξέτασης σχετική ηχητική υπενθύμιση «Θυμήσου: σε αυτή τη δραστηριότητα ο χρόνος μετράει! Απάντα όσο πιο γρήγορα μπορείς, χωρίς όμως να κάνεις λάθη!» ενώ ταυτόχρονα ένα σχέδιο χρονομέτρου παραμένει στο πάνω-δεξί μέρος της οθόνης του υπολογιστή. Σε κάθε υποκλίμακα, κάθε δραστηριότητα αρχίζει με ένα σημάδι σταθεροποίησης (ένα σχέδιο ματιού ή ηχείου) στο κέντρο της οθόνης του υπολογιστή, που εμφανίζεται για 250ms (χιλιοστά του δευτερολέπτου). Ακολουθεί το ερέθισμα μετά από παύση 1000ms. Λόγω της μεγάλης έκτασης του εργαλείου, η σειρά χορήγησης των υποκλιμάκων έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε να εναλλάσσονται μεταξύ τους οι περισσότερο απαιτητικές υποκλίμακες από αυτές που θεωρούνται λιγότερο απαιτητικές από άποψη γνωστικού φορτίου και συγκέντρωση προσοχής. Στη συνέχεια ακολουθεί σύντομη περιγραφή των υποκλιμάκων του MathPro Test με τη σειρά με την οποία χορηγήθηκαν.

Σύγκριση συνόλων κουκκίδων



Δύο συλλογές κουκίδων παρουσιάζονται ταυτόχρονα στην οθόνη του υπολογιστή και ζητείται από τα παιδιά να επιλέξουν εκείνη που περιέχει περισσότερες κουκκίδες («Ποια εικόνα έχει περισσότερες κουκκίδες;») κάνοντας κλικ πάνω της με το ποντίκι του υπολογιστή. Οι συστάδες μαύρων κουκίδων δημιουργήθηκαν με βάση το έργο των Gebuis και Reynvoet (2012) και τον κώδικα MATLAB που παρέχεται ελεύθερα από τους συγγραφείς. Τα ζεύγη ταξινομούνται με αυξανόμενο λόγο δυσκολίας, δηλαδή 2:3, 3:4, 4:5, 5:6, 6:7. Κάθε ζεύγος κουκκίδων

εμφανίζεται για 840 χιλιοστά του δευτερολέπτου (ms), για να αποφευχθεί η πιθανότητα μέτρησης. Καταγράφεται η ακρίβεια των απαντήσεων.

Ταχύτητα χρήσης ποντικιού

Στα παιδιά παρουσιάζεται στην οθόνη του υπολογιστή ένα εικονίδιο μιας γάτας στη μία πλευρά και μια εικόνα ενός λεκέ στην άλλη και καλούνται να εντοπίσουν όσο το δυνατόν γρηγορότερα τη γάτα: «Πού είναι η γάτα;» κάνοντας κλικ πάνω της με το ποντίκι του υπολογιστή. Υπάρχουν συνολικά 10 ζεύγη δραστηριοτήτων. Ο χρόνος αντίδρασης καταγράφεται με ακρίβεια ms. Μετράμε το χρόνο της κίνησης της χρήσης του ποντικιού προκειμένου να ελέγξουμε αυτόν τον παράγοντα στις αναλύσεις μας, διότι ο χρόνος απόκρισης των παιδιών, στις δραστηριότητες σύγκρισης αριθμών που ακολουθούν, ενδέχεται να επηρεάζεται από τη συνολική ταχύτητα απόκρισης της χρήσης του ποντικιού του υπολογιστή.

Σύγκριση μονοψήφιων και πολυψήφιων αριθμών

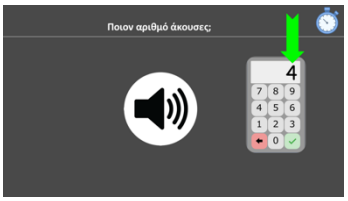
Δύο αραβικοί αριθμοί παρουσιάζονται με τα παιδιά να καλούνται να επιλέξουν όσο πιο γρήγορα μπορούν τον μεγαλύτερο αριθμό («Ποιος είναι μεγαλύτερος;») κάνοντας κλικ πάνω του με το ποντίκι του υπολογιστή. Υπάρχουν συνολικά 36 ζεύγη σύγκρισης: 24 ζεύγη μονοψήφιων αριθμών και 12 ζεύγη πολυψήφιων (τρία ζεύγη διψήφιων, τριψήφιων, τετραψήφιων και δεκαδικών αριθμών). Τα ζεύγη μονοψήφιων αριθμών αποσκοπούν στο να εξετάσουν την ταχύτητα πρόσβασης στο μεγέθος των αραβικών συμβόλων, ενώ τα ζεύγη των πολυψήφιων αριθμών εξετάζουν την κατανόηση των παιδιών όσον αφορά την αξία θέσης του αριθμητικού συστήματος με βάση το 10. Καταγράφονται τόσο η ακρίβεια και ο χρόνος αντίδρασης.

Ταχύτητα χρήσης αριθμομηχανής

Στην οθόνη του υπολογιστή εμφανίζεται ένας μονοψήφιος αραβικός αριθμός και ζητείται από τα παιδιά να τον αναπαραστήσουν όσο πιο γρήγορα μπορούν στην οθόνη της αριθμομηχανής που εμφανίζεται στη δεξιά πλευρά της οθόνης του υπολογιστή, κάνοντας κλικ με το ποντίκι στο αντίστοιχο κουμπί. Ο μαθητής μπορεί να

χρησιμοποιήσει το κουμπί διαγραφής για να αλλάξει την απάντησή του. Ο χρόνος απόκρισης καταγράφεται για το χρονικό διάστημα έως ότου το παιδί κάνει κλικ στο κουμπί απάντησης προκειμένου να επικυρώσει την απάντησή του. Εμφανίζονται 10 μονοψήφιοι αριθμοί συνολικά. Ο χρόνος απόκρισης υπολογίζεται με ακρίβεια ms. Αυτή η δραστηριότητα επιδιώκει να μετρήσει τον χρόνο κίνησης που απαιτείται για τη χρήση του ποντικιού και της αριθμομηχανής, προκειμένου να ελεγχθεί ο συνολικός χρόνος απόκρισης σε επόμενες υποκλίμακες του τεστ, στις οποίες χρησιμοποιείται η αριθμομηχανή ως μέσο για την απάντηση του παιδιού.

Υπαγόρευση αριθμών



Αριθμολέξεις εκφέρονται προφορικά μέσω των ηχείων του υπολογιστή και τα παιδιά καλούνται να αναπαραστήσουν στην αριθμομηχανή της οθόνης τα αραβικά ψηφία που αντιστοιχούν στον αριθμό που ακούν («Ποιον αριθμό ακούσατε;»). Τα ερεθίσματα αποτελούν 30 δραστηριότητες που κυμαίνονται από μονοψήφιους έως πενταψήφιους αριθμούς (έξι δοκιμασίες για κάθε πλήθος ψηφίων) και παρουσιάζονται με αύξουσα σειρά πλήθους ψηφίων. Η υποκλίμακα τερματίζεται μετά από τρία συνεχόμενα σφάλματα. Καταγράφονται τόσο η ακρίβεια όσο και ο χρόνος απόκρισης (μετρούμενος όπως στη δραστηριότητα *Ταχύτητα χρήσης αριθμομηχανής*).

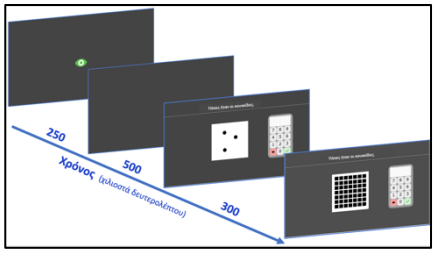
Επόμενος αριθμός

Αριθμολέξεις εκφέρονται προφορικά μέσω των ηχείων του υπολογιστή και ζητείται από τα παιδιά να υποδείξουν όσο πιο γρήγορα μπορούν τον επόμενο αριθμό από αυτόν που άκουσαν («Ποιος αριθμός έρχεται αμέσως μετά;») κάνοντας κλικ στα αντίστοιχα ψηφία του, στην αριθμομηχανή της οθόνης του υπολογιστή. Παρουσιάζονται 18 συνολικά δραστηριότητες: 6 μονοψήφιοι, 6 διψήφιοι και 6 τριψήφιοι αριθμοί, με αύξουσα σειρά πλήθους ψηφίων. Η υποκλίμακα τερματίζεται μετά από τρία συνεχόμενα σφάλματα. Καταγράφονται τόσο η ακρίβεια όσο και ο χρόνος απόκρισης (μετρούμενος όπως στη δραστηριότητα *Ταχύτητα χρήσης αριθμομηχανής*).

Προηγούμενος αριθμός

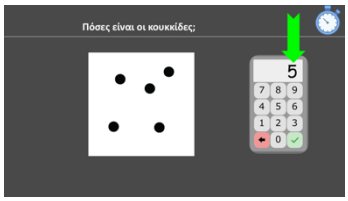
Αυτή η υποκλίμακα είναι ίδια με την προηγούμενη μόνο που αυτή τη φορά τα παιδιά καλούνται να βρουν τον προηγούμενο αριθμό. Δίνονται συνολικά 18 δραστηριότητες, που κυμαίνονται από μονοψήφιους έως τριψήφιους αριθμούς.

Άμεση εκτίμηση κουκκίδων



Μικρού πλήθους συστάδες μαύρων κουκίδων παρουσιάζονται πολύ σύντομα στην οθόνη του υπολογιστή και ζητείται από τα παιδιά να υποδείξουν το πλήθος τους («Πόσες ήταν οι κουκκίδες;») απαντώντας μέσω της αριθμομηχανής της οθόνης του υπολογιστή. Εμφανίζονται τυχαίοι σχηματισμοί 2 έως 6 κουκίδων (4 διαφορετικοί τρόποι διάταξης για κάθε αριθμό). Κάθε δραστηριότητα εμφανίζεται για 300 ms και στη συνέχεια καλύπτεται από ένα ασπρόμαυρο τετράγωνο πλέγμα για να αποφευχθεί το μετείκασμα. Καταγράφεται η ακρίβεια των απαντήσεων.

Απαρίθμηση



Στα παιδιά παρουσιάζονται συστάδες από 7 έως 13 μαύρες κουκκίδες (τυχαία διατεταγμένες) και τους ζητείται να τις μετρήσουν και να υποδείξουν τον πλήθος τους. Χορηγούνται συνολικά 14 δραστηριότητες. Καταγράφεται τόσο η ακρίβεια όσο και ο χρόνος απόκρισης (μετρούμενος όπως στη δραστηριότητα *Ταχύτητα χρήσης αριθμομηχανής*).

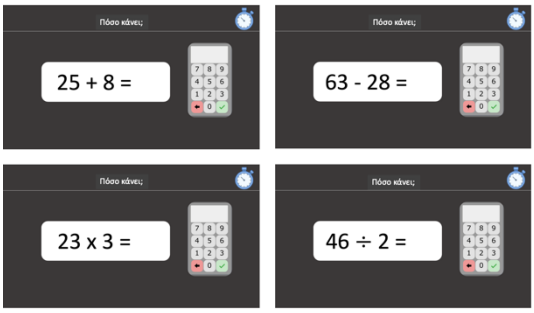
Ανάκληση αθροισμάτων

Στην οθόνη εμφανίζονται προσθέσεις μονοψήφιων αριθμών με το άθροισμα τους να μην υπερβαίνει το 10. Τα παιδιά καλούνται να πληκτρολογήσουν όσο πιο γρήγορα μπορούν το σωστό άθροισμα. Χορηγούνται 12 δραστηριότητες συνολικά. Καταγράφεται τόσο η ακρίβεια όσο και ο χρόνος απόκρισης (μετρούμενος όπως στη δραστηριότητα *Ταχύτητα χρήσης αριθμομηχανής*).

Ανάκληση γινομένων

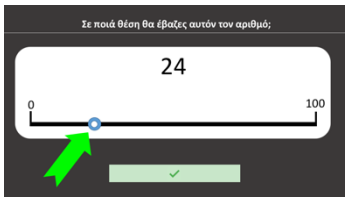
Η υποκλίμακα αυτή ακολουθεί ακριβώς την ίδια διαδικασία με την Ανάκληση αθροισμάτων, με τη διαφορά ότι εδώ παρουσιάζονται 14 πολλαπλασιασμοί μονοψήφιων αριθμών. Οι παράγοντες των γινομένων κυμαίνονται από το 2 έως το 9 με τουλάχιστον τον ένα να είναι μικρότερος ή ίσος του 5.

Νοεροί υπολογισμοί



Προσθέσεις, αφαιρέσεις, πολλαπλασιασμοί και διαιρέσεις με αριθμούς έως και τριών ψηφίων παρουσιάζονται στα παιδιά, τα οποία καλούνται να δώσουν, όσο πιο γρήγορα μπορούν, τη σωστή απάντηση. Χορηγούνται συνολικά 24 δραστηριότητες (6 για κάθε πράξη). Καταγράφεται τόσο η ακρίβεια όσο και ο χρόνος απόκρισης (μετρούμενος όπως στη δραστηριότητα *Ταχύτητα χρήσης αριθμομηχανής*).

Αριθμογραμμές 0-100

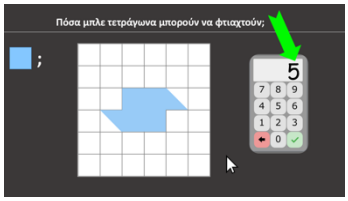


Αριθμογραμμές με το 0 στο αριστερό άκρο και το 100 στο δεξί παρουσιάζονται στο κέντρο της οθόνης του υπολογιστή. Ένας αραβικός αριθμός-στόχος από 0 έως 100 εμφανίζεται πάνω από το κέντρο της αριθμογραμμής. Οι μαθητές καλούνται να υποδείξουν τη σωστή θέση του αριθμού-στόχου κάνοντας κλικ πάνω στην αριθμογραμμή με το ποντίκι. Οι μαθητές μπορούν να αλλάξουν τη θέση του αριθμού σύροντας το σημείο αριστερά ή δεξιά. Περιλαμβάνονται 22 δραστηριότητες, οι οποίες διατάσσονται τυχαία. Η ακρίβεια των εκτιμήσεων καθορίζεται από την απόλυτη τιμή της διαφοράς της εκτίμησης του παιδιού της θέσης του αριθμού-στόχου από τη σωστή του θέση. Το ποσοστό των απολύτων τιμών των σφαλμάτων (ΠΑΣ) χρησιμοποιούνται ως μέτρο αυτής της υποκλίμακας.

Αριθμογραμμές 0-1000

Στη συνέχεια ακολουθεί ίδιου τύπου υποκλίμακα με τη διαφορά πως οι αριθμογραμμές έχουν το 0 στο αριστερό άκρο και 1000 στο δεξί. Χορηγούνται 22 συνολικά δραστηριότητες.

Τετράγωνα

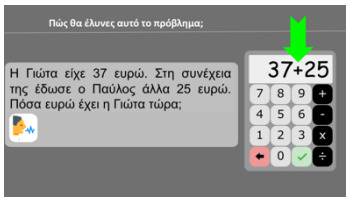


Τα ερεθίσματα είναι γεωμετρικά σχήματα, που συντίθενται κάθε φορά από ένα συνδυασμό μπλε τετραγώνων και μπλε τριγώνων (μισό ή ένα τέταρτο του τετραγώνου). Οι μαθητές καλούνται να βρουν τον συνολικό αριθμό των ολόκληρων τετραγώνων που μπορούν να δημιουργηθούν από κάθε γεωμετρικό σχήμα. Τα ερεθίσματα διαφοροποιούνται τόσο ως προς τον συνδυασμό των συνθετικών τμημάτων (ολόκληρα τετράγωνα, τρίγωνα μισού τετραγώνου και τρίγωνα ενός τετάρτου τετραγώνου) όσο και ως προς το λόγο των ευδιάκριτων πλευρών προς τις συνολικές πλευρές των τετραγώνων που περιέχει κάθε γεωμετρικό σχήμα, ήτοι 1, 3:4, 2:3, 4:7, 2:5, 1:5, 0. Τα πρώτα τρία γεωμετρικά σχήματα περιέχουν ολόκληρα τετράγωνα, ενώ τα υπόλοιπα περιέχουν ένα συνδυασμό τετραγώνων και τριγώνων. Καταγράφεται η ακρίβεια των απαντήσεων.

Κύβοι

Τα ερεθίσματα αποτελούνται από αφηρημένες δομές με κύβους. Οι μαθητές καλούνται να βρουν τον συνολικό αριθμό των κύβων που περιέχει κάθε τρισδιάστατη δομή. Οι 8 συνολικά δραστηριότητες αποτελούνται από δομές 5 έως 10 κύβων και σε μερικές από αυτές μέρος των κύβων (έως 3) κρύβονται πίσω από άλλους κύβους. Καταγράφεται η ακρίβεια των απαντήσεων.

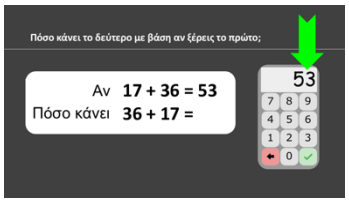
Προβλήματα



Στους μαθητές, παρουσιάζονται λεκτικά προβλήματα και τους ζητείται να καθορίσουν τον τρόπο που θα ακολουθήσουν για να τα λύσουν: «*Πώς θα έλυνες αυτό το πρόβλημα;*» Οι μαθητές καλούνται να αναπαράγουν στην αριθμομηχανή της οθόνης του υπολογιστή τον τρόπο με τον οποίο λύνεται κάθε πρόβλημα (για παράδειγμα 28 + 17) και όχι την τελική λύση. Παρουσιάζονται λεκτικά προβλήματα πρόσθεσης, αφαίρεσης, πολλαπλασιασμού και διαίρεσης ενός βήματος. Τα προβλήματα εμφανίζονται στην οθόνη του υπολογιστή, έχουν έκταση μία έως τρεις προτάσεις ενώ παράλληλα εκφωνούνται από τον υπολογιστή (με δυνατότητα επανάληψης του προβλήματος κάνοντας κλικ στο αντίστοιχο εικονίδιο) προκειμένου να μειωθεί η επίδραση

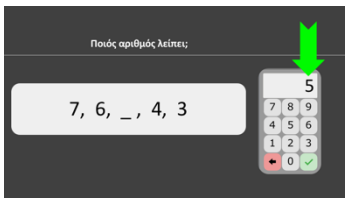
ενδεχόμενων δυσκολιών ανάγνωσης. Επιλέχθηκαν 18 συνολικά προβλήματα. Τα προβλήματα διατάσσονται σε αυξανόμενη δυσκολία με βάση τα αποτελέσματα της πιλοτικής μελέτης. Η υποκλίμακα τερματίζεται μετά από τρεις διαδοχικές λανθασμένες απαντήσεις. Καταγράφεται η ακρίβεια των απαντήσεων.

Αρχές αριθμητικής



Δυο σχετιζόμενα αριθμητικά προβλήματα πολυψήφιων αριθμών παρουσιάζονται στους μαθητές. Στο πρώτο δίνεται η απάντηση, αλλά στο δεύτερο όχι. Οι μαθητές καλούνται να βρουν τη λύση του δεύτερου προβλήματος χωρίς όμως να το υπολογίσουν μεμονωμένα αλλά στηριζόμενοι στο πρώτο πρόβλημα όπου τους δίνεται η απάντηση: *«Πόσο κάνει το δεύτερο αν ξέρεις το πρώτο;».* Οι αριθμητικές αρχές που ελέγχονται είναι η αντιμεταθετική ιδιότητα της πρόσθεσης, η αντιστροφή σχέση πρόσθεσης-αφαίρεσης, τα αθροίσματα με διαφορά μιας μονάδας, η διαφορά με διαφορά μιας μονάδας, ο πολλαπλασιασμός και των δυο προσθετέων με το 10, ο πολλαπλασιασμός ως επαναλαμβανόμενη πρόσθεση, η αντιμεταθετική ιδιότητα στον πολλαπλασιασμό, η αντίστροφη σχέση πολλαπλασιασμού – διαίρεσης, τα διαδοχικά γινόμενα (π.χ., αν 146 x 7 = 1022, πόσο κάνει 147 x 7;) και ο πολλαπλασιασμός και των δύο παραγόντων με το 10. Οι συνολικά 15 δραστηριότητες διατάχθηκαν με αυξανόμενη δυσκολία βάσει των αποτελεσμάτων της πιλοτικής μελέτης. Η υποκλίμακα τερματίζεται μετά από τρεις διαδοχικές λανθασμένες απαντήσεις. Η ακρίβεια των απαντήσεων καταγράφεται.

Αριθμητικά μοτίβα



Μια ακολουθία αριθμών με έναν εκλιπόντα όρο εμφανίζεται οριζόντια στο κέντρο της οθόνης του υπολογιστή και το παιδί καλείται να βρει τον όρο που λείπει. Τα αριθμητικά μοτίβα περιλαμβάνουν αριθμητικές ακολουθίες, γεωμετρικές ακολουθίες και πιο σύνθετα μοτίβα. Οι 18 συνολικά δραστηριότητες διατάχθηκαν με αυξανόμενη δυσκολία βάση της πιλοτικής μελέτης. Η ακρίβεια των απαντήσεων καταγράφεται.

Στα παιδιά των μικρότερων τάξεων δεν χορηγούνται όλες οι υποκλίμακες του MathPro Test, καθώς ορισμένες υπερβαίνουν τις γνώσεις τους με βάση το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών. Κάποιες υποκλίμακες δεν χορηγούνται καθόλου, ενώ σε κάποιες άλλες χορηγούνται οι πιο

εύκολες δραστηριότητες. Ο πίνακας 3 δείχνει τις δραστηριότητες κάθε υποκλίμακας που χορηγούνται σε κάθε τάξη.

Πίνακας 3. *Αριθμός δραστηριοτήτων των υποκλιμάκων του MathPro Test που χορηγούνται ανά τάξη.*

	Α’	Β’	Γ’	Δ’ – ΣΤ’
Σύγκριση συνόλων κουκκίδων	30	30	30	30
Ταχύτητα χρήσης ποντικιού	10	10	10	10
Σύγκριση μονοψήφιων αριθμών	24	24	24	24
Σύγκριση πολυψήφιων αριθμών	0	6	9	12
Ταχύτητα χρήσης αριθμομηχανής	10	10	10	10
Υπαγόρευση αριθμών*	30	30	30	30
Επόμενος αριθμός*	12	18	18	18
Προηγούμενος αριθμός*	12	18	18	18
Άμεση εκτίμηση κουκκίδων	20	20	20	20
Απαρίθμηση	14	14	14	14
Ανάκληση αθροισμάτων	12	12	12	12
Ανάκληση γινομένων	0	0	14	14
Νοεροί υπολογισμοί	0	12	24	24
Αριθμογραμμές 0-100	22	22	22	22
Αριθμογραμμές 0-1000	0	0	0	22
Τετράγωνα	10	10	10	10
Κύβοι	8	8	8	8
Προβλήματα*	0	0	18	18
Αρχές αριθμητικής*	0	0	15	15
Αριθμητικά μοτίβα*	0	18	18	18

*Η υποκλίμακα τερματίζεται μετά από 3 συνεχόμενα λάθη

Διαδικασία

Προηγήθηκε πιλοτική μελέτη προκειμένου να επιβεβαιωθεί κατά πόσο οι αυτοματοποιημένες οδηγίες χορήγησης του MathPro Test γίνονταν κατανοητές από τους μαθητές, να ελεγχθούν τυχόν τεχνικές δυσκολίες κατά τη διάρκεια της χορήγησης μέσω Η/Υ καθώς και για να αξιολογηθεί ο βαθμός δυσκολίας των δραστηριοτήτων των υποκλιμάκων. Στην πιλοτική μελέτη έλαβαν μέρος 117 μαθητές (20 μαθητές κατά μέσο όρο ανά τάξη Α΄-ΣΤ΄) του 10ου Δημοτικού Σχολείου Ηλιούπολης του νομού Αττικής. Μεταξύ των μαθητών υπήρχαν και μαθητές που αντιμετώπιζαν ειδικές μαθησιακές δυσκολίες. Η χορήγηση έλαβε χώρα στο εργαστήριο υπολογιστών του σχολείου σε ομάδες των 8 - 10 μαθητών. Ο πρώτος συγγραφέας της παρούσας μελέτης μαζί με άλλο ένα μέλος της ερευνητικής ομάδας βοηθούσαν κάθε μαθητή να τακτοποιηθεί

Ενδέχεται να υπάρξουν ορισμένες αλλαγές/αναθεωρήσεις πριν την έκδοση.

μπροστά στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή και να φορέσει ακουστικά κεφαλής. Το τεστ ξεκινά με το άκουσμα μια μελωδίας ζητώντας από τους εξεταζόμενους να ρυθμίσουν την ένταση του ήχου προκειμένου να ακούν καλά. Οι μαθητές είχαν ενημερωθεί ότι μπορούσαν να διακόψουν τη δοκιμασία για να κάνουν διάλλειμα ή ακόμα και να τη σταματήσουν όποια στιγμή επιθυμούσαν χωρίς καμία συνέπεια. Μόνο, δύο μαθητές ζήτησαν να διακόψουν και να συνεχίσουν τη δοκιμασία την επόμενη μέρα ενώ ένας μαθητής δεν την ολοκλήρωσε λόγω κόπωσης. Η μέση χρονική διάρκεια ολοκλήρωσης του τεστ ήταν 50 λεπτά της ώρας. Τα μέλη της ερευνητικής ομάδας φρόντιζαν κατά τη διάρκεια της χορήγησης ώστε κάθε μαθητής να είναι προσηλωμένος στην οθόνη του υπολογιστή ενώ οι μαθητές μπορούσαν να τους απευθυνθούν εξατομικευμένα οποιοδήποτε ερώτημα ή απορία είχαν. Τα δεδομένα της πιλοτικής μελέτης αναλύθηκαν προκειμένου να ελεγχθεί ο βαθμός δυσκολίας των δοκιμασιών κάθε υποκλίμακας ανά τάξη.

Αφού εξασφαλίστηκαν οι άδειες από το ΙΕΠ και για τη διεξαγωγή της κύριας έρευνας καθώς και η γραπτή συναίνεση των γονέων, ξεκίνησε η χορήγηση του MathPro Test (ακολουθώντας τη μεθοδολογία της πιλοτικής μελέτης) σε ομάδες των 6-18 μαθητών στο εργαστήριο ηλεκτρονικών υπολογιστών ανάλογα με τον αριθμό Η/Υ που διέθετε κάθε σχολείο. Ζητήθηκε από το εκπαιδευτικό της τάξης να αξιολογήσει σε μια πεντάβαθμη κλίμακα (πολύ χαμηλή, χαμηλή, μέτρια, καλή, πολύ καλή) τη συνολική ικανότητα κάθε συμμετέχοντα στα μαθηματικά. Στη συνέχεια, έπειτα από διάστημα ενός μήνα, επαναχορηγήθηκε το MathPro Test σε 150 μαθητές οι οποίοι είχαν επιλεγεί τυχαία από το αρχικό δείγμα προκειμένου να αξιολογηθεί η σταθερότητα των μετρήσεων στο χρόνο. Η συμμετοχή των μαθητών στην έρευνα ήταν ανώνυμη.

Πλεονεκτήματα του MathPro Test

Το MathPro Test παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα και καινοτόμα χαρακτηριστικά. Πρώτον, προσαρμόζεται αυτόματα στη σχολική τάξη εξαιρώντας εξολοκλήρου υποκλίμακες ή/και μέρος δραστηριοτήτων επιμέρους υποκλιμάκων για τους μαθητές των μικρότερων τάξεων. Κριτήριο επιλογής των υποκλιμάκων ανά τάξη αποτέλεσε η συνάφεια τους με τις μαθηματικές δεξιότητες που περιλαμβάνονται στο αναλυτικό πρόγραμμα του μαθήματος των μαθηματικών του σχολείου. Δεύτερον, ενεργοποιούνται αυτόματα κριτήρια τερματισμού (π.χ., μετά από 3 διαδοχικά λάθη) σε μέρος των υποκλιμάκων. Τα κριτήρια εφαρμόζονται στις υποκλίμακες εκείνες όπου οι δραστηριότητες έχουν διαταχθεί σε αυξανόμενο βαθμό δυσκολίας βάση των αποτελεσμάτων της πιλοτικής μελέτης. Τρίτον, οι μαθητές απαντούν σε όλες τις υποκλίμακες αποκλειστικά με τη

Ενδέχεται να υπάρξουν ορισμένες αλλαγές/αναθεωρήσεις πριν την έκδοση.

χρήση ενός κοινού ποντικιού υπολογιστή. Τέταρτον, οι οδηγίες χορήγησης του MathPro Test παρέχονται από τον υπολογιστή μέσω πολυμέσων (βίντεο, φωνητικές και γραπτές οδηγίες) με αποτέλεσμα να μην απαιτείται ένας εξεταστής για κάθε εξεταζόμενο. Πέμπτον, το τελευταίο σε συνδυασμό με το γεγονός πως προσφέρεται διαδικτυακά κάνει εφικτή τη χορήγησή του σε ατομικό ή ομαδικό επίπεδο ανεξαρτήτως τόπου διαμονής των εξεταζόμενων. Έκτον, τα δεδομένα (απαντήσεις των εξεταζόμενων) συλλέγονται σε πραγματικό χρόνο σε ένα κεντρικό διακομιστή (server) και μπορούν ανά πάσα στιγμή να εξαχθούν σε μορφή excel κάνοντας τη στατιστική τους επεξεργασία πολύ εύκολη. Έβδομον, η χορήγηση και καταγραφή των απαντήσεων λαμβάνει χώρα απρόσκοπτα ακόμα και αν διακοπεί προσωρινά η σύνδεση στο διαδίκτυο ή η ταχύτητα σύνδεσης είναι μικρή. Όγδοων, η εξατομικευμένη αναφορά των αποτελεσμάτων εξάγεται αυτόματα αμέσως μετά την ολοκλήρωση της δοκιμασίας και περιλαμβάνει βαθμολογία (εκατοστιαίες τιμές) για κάθε υποκλίμακα για την ορθότητα των απαντήσεων και για το χρόνο απόκρισης συγκρινόμενη με την επίδοση των συνομήλικων που έλαβαν μέρος στη μελέτη της στάθμισης. Τέλος, πραγματοποιείται εξατομικευμένη ανάλυση των λαθών, η οποία επιτρέπει ποιοτική ανάλυση της επίδοσης κάθε εξεταζόμενου. Η αυτοματοποιημένη διαδικασία εξαγωγής των αποτελεσμάτων παρακάμπτει τη χρονοβόρα διαδικασία του υπολογισμού των αρχικών βαθμών και μετέπειτα τη μετατροπή σε εκατοστιαίες τιμές από τον εξεταστή εκλείποντας παράλληλα τυχόν ανθρώπινα λάθη κατά τον υπολογισμό.

Στατιστική ανάλυση

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε έλεγχος κανονικότητας των δεδομένων με τη χρήση των τιμών της κύρτωσης και της ασυμμετρίας. Στη συνέχεια ελέγχθηκε η αξιοπιστία των κλιμάκων της δοκιμασίας με τη μέθοδο εσωτερικής συνοχής υπολογίζοντας το συντελεστή omega (ω) καθώς και με τη μέθοδο επαναληπτικών μετρήσεων υπολογίζοντας το συντελεστή συσχέτισης Pearson's μεταξύ της αρχικής χορήγησης και της επαναχορήγησης ένα μήνα αργότερα σε τυχαίο δείγμα 150 μαθητών. Υπολογίστηκε ο συντελεστή συσχέτισης Pearson's μεταξύ της συνολικής επίδοσης των μαθητών στο MathPro Test και των εκτιμήσεων των εκπαιδευτικών για τη συνολική τους μαθηματική ικανότητα προκειμένου να εξετάσουμε το βαθμό σύγκλισης μεταξύ τους. Τέλος, εκτιμήθηκε το κατά πόσο το MathPro Test είναι ευαίσθητο στο βαθμό δυσκολίας στα μαθηματικά συγκρίνοντας την επίδοση στο MathPro Test των μαθητών με δυσκολίες στα Μαθηματικά (με βάση την εκτίμηση του εκπαιδευτικού της τάξης) με την επίδοση του συνολικού δείγματος. Το

Ενδέχεται να υπάρξουν ορισμένες αλλαγές/αναθεωρήσεις πριν την έκδοση.

τελευταίο πραγματοποιήθηκε με τη διεξαγωγή πολλαπλών ελέγχων t ενός δείγματος (one sample t-test) ανά τάξη. Η στατιστική ανάλυση έγινε με τα λογισμικά προγράμματα Statistical Package for Social Sciences (SPSS) v. 25.0 (IBM Corp. Released, 2017) και R.

Αποτελέσματα

Περιγραφικοί δείκτες

Αρχικά, εξετάστηκαν οι τιμές λοξότητας και κύρτωσης των κατανομών των ατομικών επιδόσεων των υποκλιμάκων του MathPro Test. Διαπιστώθηκε πως δεν παρουσίασαν σημαντική θετική ή αρνητική κλίση σχετικά με την λοξότητα και την κύρτωση προσεγγίζοντας ικανοποιητικά την κανονική κατανομή. Εξαίρεση αποτέλεσαν οι υποκλίμακες στις οποίες καταγράφεται και ο χρόνος απόκρισης ήτοι Ταχύτητα χρήσης ποντικιού, Σύγκριση μονοψήφιων αριθμών, Ταχύτητα χρήσης αριθμομηχανής, Υπαγόρευση αριθμών, Επόμενος αριθμός, Προηγούμενος αριθμός, Απαρίθμηση, Ανάκληση γεγονότων πρόσθεσης, Ανάκληση γεγονότων πολλαπλασιασμού. Σε αυτές τις υποκλίμακες οι κατανομές που αντιστοιχούσαν στην ακρίβεια (αλλά όχι στο χρόνο απόκρισης) παρουσίασαν στις μεγαλύτερες τάξεις (Δ΄-ΣΤ΄) όπως αναμενόταν αρνητική συμμετρία λόγω του μικρού βαθμού δυσκολίας (φαινόμενο οροφής). Ο πίνακας 4 παρουσιάζει αναλυτικά τις επιδόσεις (μέσος όρος και τυπική απόκλιση) των συμμετεχόντων στις επιμέρους υποκλίμακες του MathPro Test αναφορικά με την ακρίβεια και το χρόνο απόκρισης καθώς και τις αντίστοιχες τιμές λοξότητας και κύρτωσης.

Πίνακας 4. Μέσοι όροι (Μ.Ο.), τυπικές αποκλίσεις (Τ.Α.), Λοξότητα και Κύρτωση των υποκλιμάκων του MathPro Test.

	Α΄ τάξη				**Β΄ τάξη**				**Γ΄ τάξη**			
	Μ.Ο.	(Τ.Α.)	ΛΟΞΟ-ΤΗΤΑ	ΚΥΡ-ΤΩΣΗ	Μ.Ο.	(Τ.Α.)	ΛΟΞΟ-ΤΗΤΑ	ΚΥΡ-ΤΩΣΗ	Μ.Ο.	(Τ.Α.)	ΛΟΞΟ-ΤΗΤΑ	ΚΥΡ-ΤΩΣΗ
Σύγκριση συνόλων κουκκίδων (ΑΚ)	0,58	(0,10)	0.04	-0,20	0,62	(0,10)	-0,03	-0,14	0,64	(0,11)	-0,20	-0,28
Ταχύτητα χρήσης ποντικιού (ΑΚ)	0,95	(0,14)	-3,21	10,82	0,98	(0,08)	-4,62	26,61	0,99	(0,06)	-7,36	70,74
Ταχύτητα χρήσης ποντικιού (ΧΑ)	2948	(744)	1,80	8,07	2565	(588)	0,64	6,01	2358	(477)	-0,60	4,26
Σύγκριση μονοψήφιων αριθμών (ΑΚ)	0,94	(0,09)	-3,23	13,77	0,95	(0,07)	-3,46	16,20	0,97	(0,05)	-5,04	40,07
Σύγκριση μονοψήφιων αριθμών (ΧΑ)	3100	(516)	0,37	3,43	2729	(499)	-0,39	5,25	2489	(434)	-1,02	5,86
Σύγκριση πολυψήφιων αριθμών (ΑΚ)	-				0,87	(0,16)	-1.69	3.72	0,87	(0,13)	-1,11	1,41
Σύγκριση πολυψήφιων αριθμών (ΧΑ)	-				3709	(768)	0,17	0,86	3381	(608)	-0,19	2,72
Ταχύτητα χρήσης αριθμομηχανής (ΑΚ)	0,95	(0,12)	-4,92	30,50	0,97	(0,08)	-5,49	41.02	0,97	(0,09)	-5,67	46,95
Ταχύτητα χρήσης αριθμομηχανής (ΑΧ)	4144	(756)	0,25	0,94	3523	(653)	-0,11	3,35	3170	(547)	-0,48	3,90
Υπαγόρευση αριθμών (ΑΚ)	0,42	(0,18)	0,09	0,89	0,60	(0,22)	-0,77	0,92	0,78	(0,23)	-1,88	3,37
Υπαγόρευση αριθμών (ΧΑ)	-				-				5052	(1187)	0,32	1,57
Επόμενος αριθμός (ΑΚ)	0,58	(0,36)	-0,46	-1,25	0,64	(0,28)	-0,85	-0,27	0,75	(0,29)	-1,49	1,03
Επόμενος αριθμός (ΧΑ)	-				-				4758	(977)	0,23	1,18
Προηγούμενος αριθμός (ΑΚ)	0,65	(0,36)	-0,80	-0,89	0,71	(0,25)	-1,28	0,88	0,84	(0,25)	-2,34	4,69

Ενδέχεται να υπάρξουν ορισμένες αλλαγές/αναθεωρήσεις πριν την έκδοση.

Προηγούμενος αριθμός (ΧΑ)	-				-				4640	(953)	1,86	10,87
Άμεση εκτίμηση κουκκίδων (ΑΚ)	0,65	(0,19)	-0,87	1,11	0,73	(0,17)	-1,19	2,57	0,78	(0,16)	-1,52	3,69
Απαρίθμηση (ΑΚ)	0,74	(0,26)	-1,22	0,72	0,84	(0,22)	-2,26	5,23	0,86	(0,18)	-2,38	6,71
Απαρίθμηση (ΧΑ)	-				8754	(1859)	0,83	1,07	7553	1747	0,78	1,62
Ανάκληση αθροισμάτων (ΑΚ)	0,83	(0,21)	-1,49	1,73	0,91	(0,18)	-2,77	7,81	0,94	(0,12)	-3,77	17,41
Ανάκληση αθροισμάτων (ΧΑ)	-				5658	(2055)	2,33	9,28	4285	(1257)	3,00	21,07
Ανάκληση γινομένων (ΑΚ)	-				-				0,83	(0,21)	-1,72	2,58
Ανάκληση γινομένων (ΧΑ)	-				-				7623	(2534)	1,33	2,86
Νοεροί υπολογισμοί (ΑΚ)	-				-				0,61	(0,27)	-0,63	-0,31
Αριθμογραμμές 0-100 (ΠΑΣ)	16,04	(6,45)	0,10	-0,63	10,96	(6,28)	1,52	2,35	8,54	(5,06)	2,02	4,65
Αριθμογραμμές 0-1000 (ΠΑΣ)	-				-				-			
Τετράγωνα (ΑΚ)	0,34	(0,20)	0,87	0,38	0,46	(0,22)	-0,14	-0,64	0,53	(0,23)	-0,42	-0,53
Κύβοι (ΑΚ)	0,43	(0,25)	0,12	-0,67	0,53	(0,26)	-0,23	-0,61	0,63	(0,24)	-0,71	0,17
Προβλήματα (ΑΚ)	-				-				0,47	(0,28)	-0,02	-1,19
Αρχές αριθμητικής (ΑΚ)	-				-				0,37	(0,28)	0,17	-1,55
Αριθμητικά μοτίβα (ΑΚ)	0,25	(0,16)	0,31	-0,73	0,34	(0,17)	-0,19	-0,33	0,40	(0,20)	0,08	0,04

ΑΚ: Ακρίβεια· ΧΑ: Χρόνος απόκρισης· ΠΑΣ: Ποσοστό απόλυτων τιμών σφάλματος

Πίνακας 4 – Συνέχεια.

	Δ΄ τάξη				**Ε΄ τάξη**				**ΣΤ΄ τάξη**			
	Μ.Ο.	(Τ.Α.)	ΛΟΞΟ-ΤΗΤΑ	ΚΥΡ-ΤΩΣΗ	Μ.Ο.	(Τ.Α.)	ΛΟΞΟ-ΤΗΤΑ	ΚΥΡ-ΤΩΣΗ	Μ.Ο.	(Τ.Α.)	ΛΟΞΟ-ΤΗΤΑ	ΚΥΡ-ΤΩΣΗ
Σύγκριση συνόλων κουκκίδων (ΑΚ)	0,66	(0,10)	-0,23	0,27	0,68	(0,01)	-0,26	0,27	0,71	(0,01)	-0,07	-0,09
Ταχύτητα χρήσης ποντικιού (ΑΚ)	0,99	(0,05)	-8,00	75,76	0,99	(0,04)	-8,24	77,34	0,99	(0,03)	-7,36	62,12
Ταχύτητα χρήσης ποντικιού (ΧΑ)	2169	(418)	-0,39	10,77	2092	(446)	-1,36	5,67	2066	(430)	-2,03	6,88
Σύγκριση μονοψήφιων αριθμών (ΑΚ)	0,97	(0,05)	-5,16	46,45	0,98	(0,03)	-1,73	3,49	0,98	(0,03)	-1,67	4,07
Σύγκριση μονοψήφιων αριθμών (ΧΑ)	2296	(408)	-1,06	10,47	2184	(477)	-1,60	4,75	2212	(448)	-1,85	6,71
Σύγκριση πολυψήφιων αριθμών (ΑΚ)	0,81	(0,15)	-0,62	0,84	0,84	(0,14)	-0,87	0,38	0,86	(0,14)	-0,99	0,98
Σύγκριση πολυψήφιων αριθμών (ΧΑ)	3094	(555)	-1,62	7,10	2898	(651)	-1,39	3,72	2887	(622)	-1,45	5,56
Ταχύτητα χρήσης αριθμομηχανής (ΑΚ)	0,97	(0,07)	-4,77	39,64	0,98	(0,06)	-3,09	11.03	0,98	(0,06)	-4,80	30,12
Ταχύτητα χρήσης αριθμομηχανής (ΑΧ)	2912	(572)	-0,38	6,87	2692	(548)	-1,35	4,89	2629	(506)	-1,82	6,48
Υπαγόρευση αριθμών (ΑΚ)	0,86	(0,21)	-2,51	6,13	0,91	(0,16)	-3,59	14,61	0,91	(0,15)	-3,38	14,61
Υπαγόρευση αριθμών (ΧΑ)	4638	(1108)	-0,04	1,57	4159	(1040)	-0,00	2,97	3919	(937)	-0,57	3,24
Επόμενος αριθμός (ΑΚ)	0,83	(0,24)	-2,08	3,58	0,89	(0,19)	-2,76	7,81	0,91	(0,15)	-3,23	11,83
Επόμενος αριθμός (ΧΑ)	4132	(939)	0,02	2,05	3742	(947)	0,39	3,27	3500	(822)	-0,44	2,91
Προηγούμενος αριθμός (ΑΚ)	0,90	(0,20)	-3,23	10,84	0,93	(0,14)	-4,09	20,52	0,95	(0,11)	-5,26	35,151,
Προηγούμενος αριθμός (ΧΑ)	4023	(881)	0,60	4,71	3659	(869)	0,27	3,32	3383	(725)	-0,72	3,56
Άμεση εκτίμηση κουκκίδων (ΑΚ)	0,81	(0,16)	-1,57	4,08	0,85	(0,14)	-2,39	10,42	0,86	(0,13)	-1,54	4,45
Απαρίθμηση (ΑΚ)	0,89	(0,18)	-2,78	8,94	0,89	(0,16)	-2,79	9,93	0,89	(0,15)	-2,44	7,93
Απαρίθμηση (ΧΑ)	6643	(1452)	0,57	2,35	6091	(1386)	0,34	2,11	5862	(1392)	0,84	4,06
Ανάκληση αθροισμάτων (ΑΚ)	0,96	(0,11)	-4,64	27,73	0,97	(0,07)	-4,32	32,18	0,97	(0,09)	-5,84	44,29
Ανάκληση αθροισμάτων (ΧΑ)	3742	(1138)	2,28	12,38	3343	(1022)	2,48	13,61	3136	(870)	0,99	2,19
Ανάκληση γινομένων (ΑΚ)	0,85	(0,20)	-2,06	4,27	0,90	(0,16)	-2,70	8,08	0,90	(0,15)	-2,91	10,04
Ανάκληση γινομένων (ΧΑ)	6391	(2333)	1,55	3,63	5318	(1807)	1,50	2,72	4878	(1683)	2,55	10,85
Νοεροί υπολογισμοί (ΑΚ)	0,62	(0,26)	-0,59	-0,62	0,72	(0,23)	-1,09	0,56	0,72	(0,23)	-1,02	0,35
Αριθμογραμμές 0-100 (ΠΑΣ)	6,86	(3,95)	2,96	12,65	5,74	(3,37)	3,58	20,32	5,26	(2,77)	3,31	15,54
Αριθμογραμμές 0-1000 (ΠΑΣ)	11,42	(7,18)	1,16	0,72	9,09	(6,61)	1,61	2,13	7,32	(5,11)	2,01	4,29
Τετράγωνα (ΑΚ)	0,62	(0,22)	0,78	0,22	0,69	(0,19)	-0,87	-0,76	0,70	(0,19)	-1,07	1.36
Κύβοι (ΑΚ)	0,68	(0,25)	-0,86	0,09	0,75	(0,22)	-0,99	0,73	0,77	(0,20)	-1,01	0,73
Προβλήματα (ΑΚ)	0,57	(0,29)	-0,42	-1,06	0,72	(0,26)	-1,04	-0,14	0,75	(0,25)	-1,22	0,38
Αρχές αριθμητικής (ΑΚ)	0,45	(0,31)	-0,18	-1,52	0,57	(0,29)	-0,73	-0,83	0,59	(0,29)	-0,84	-0,68
Αριθμητικά μοτίβα (ΑΚ)	0,44	(0,21)	-0,25	-0,18	0,56	(0,19)	-0,14	-0,23	0,56	(0,18)	0,07	-0,23

ΑΚ: Ακρίβεια· ΧΑ: Χρόνος απόκρισης· ΠΑΣ: Ποσοστό απόλυτων τιμών σφάλματος

Αξιοπιστία

Η αξιοπιστία των υποκλιμάκων του MathPro Test όσον αφορά στην εσωτερική του συνοχή επιβεβαιώθηκε από το συντελεστή omega (ω), ο οποίος υπολογίστηκε για όλες τις εξαρτημένες μετρήσεις ανά τάξη (Πίνακας 5).

Πίνακας 5. Δείκτες εσωτερικής συνοχής omega ω.

	Α΄ τάξη	Β΄ τάξη	Γ΄ τάξη	Δ΄ τάξη	Ε΄ τάξη	ΣΤ΄ τάξη	Εύρος
Σύγκριση συνόλων κουκκίδων (ΑΚ)	0,53	0,65	0,66	0,63	0,62	0,65	0.53-0.65
Σύγκριση μονοψήφιων αριθμών (ΑΚ)	0,82	0,75	0,58	0,53	0,47	0,41	0,41-0,82
Σύγκριση μονοψήφιων αριθμών (ΧΑ)	0,93	0,96	0,96	0,97	0,98	0,98	0,93-0,98
Σύγκριση πολυψήφιων αριθμών (ΑΚ)		0,54	0,54	0,52	0,47	0,49	0,47-0,54
Σύγκριση πολυψήφιων αριθμών (ΧΑ)		0,90	0,90	0,93	0,96	0,96	0,90-0,96
Υπαγόρευση αριθμών (ΑΚ)	0,94	0,95	0,96	0,96	0,94	0,94	0,94-0,96
Υπαγόρευση αριθμών (ΧΑ)	0,97	0,95	0,94	0,96	0,97	0,97	0,94-0,97
Επόμενος αριθμός (ΑΚ)	0,94	0,94	0,95	0,93	0,92	0,88	0,88-0,95
Επόμενος αριθμός (ΧΑ)	0,85	0,91	0,87	0,91	0,93	0.93	0.85-0,93
Προηγούμενος αριθμός (ΑΚ)	0.95	0,93	0,95	0,93	0,90	0.88	0,99-0,95
Προηγούμενος αριθμός (ΧΑ)	0,84	0.88	0.87	0,9	0,93	0,93	0,84-0,93
Άμεση εκτίμηση κουκκίδων (ΑΚ)	0,82	0,81	0,82	0,82	0,83	0,77	0,77-0,82
Απαρίθμηση (ΑΚ)	0,88	0,88	0,84	0,84	0,82	0,78	0,78-0,88
Απαρίθμηση (ΧΑ)	0,9	0,86	0,89	0,89	0,91	0,92	0,86-0,92
Ανάκληση αθροισμάτων (ΑΚ)	0,88	0,92	0,88	0,89	0,82	0,80	0,80-0,92
Ανάκληση αθροισμάτων (ΧΑ)	0,85	0,87	0,85	0,87	0,90	0,91	0,85-0,91
Ανάκληση γινομένων (ΑΚ)			0,90	0,88	0,88	0,86	0,86-0,90
Ανάκληση γινομένων (ΧΑ)			0,85	0,88	0,90	0,90	0,85-0,90
Νοεροί υπολογισμοί (ΑΚ)			0,94	0,92	0,90	0,90	0,90-0,94
Αριθμογραμμές 0-100 (ΠΑΣ)	0,91	0,92	0,90	0,91	0,91	0,90	0,90-0,92
Αριθμογραμμές 0-1000 (ΠΑΣ)				0,93	0,94	0,92	0,92-0,94
Τετράγωνα (ΑΚ)	0,74	0,72	0,78	0,78	0,75	0,78	0,72-0,78
Κύβοι (ΑΚ)	0,76	0,78	0,80	0,81	0,77	0,77	0,76-0,81
Προβλήματα (ΑΚ)			0,93	0,92	0,93	0,93	0,92-0,93
Αρχές αριθμητικής (ΑΚ)			0,94	0,93	0,93	0,94	0,93-0,94
Αριθμητικά μοτίβα (ΑΚ)	0,83	0,86	0,89	0,89	0,88	0,90	0,83-0,90

Καλή ή εξαιρετική εσωτερική συνοχή (α > 0,8) σημειώθηκε σε 19 μετρήσεις σε όλες τις τάξεις. Οι μετρήσεις για την Άμεση εκτίμηση κουκκίδων και τα Τετράγωνα κατέγραψαν καλά ή αποδεκτά επίπεδα εσωτερικής συνοχής (ω=0,77 - 0,82 και ω=0,77 - 0,83 αντίστοιχα), ενώ στους Κύβους οι δείκτες κινήθηκαν σε αποδεκτά επίπεδα σε όλες τις τάξεις (ω=0,72 - 0,78). Η εσωτερική συνέπεια στη Σύγκριση μονοψήφιων αριθμών, όσον αφορά την ακρίβεια, ήταν καλή στην Α΄ (ω=0,82) και αποδεκτή στη Β΄ τάξη (ω=0,75) αλλά χαμηλή στις επόμενες (ω=0,58 - 0,41). Τέλος, χαμηλή συνοχή σημειώθηκε στη Σύγκριση συνόλων κουκίδων (ω=0,53-0,65), και στη Σύγκριση πολυψήφιων αριθμών μόνο όσον αφορά την ακρίβεια (ω=0,47 - 0,54). Για τον έλεγχο της αξιοπιστίας των μετρήσεων της δοκιμασίας ως προς το χρόνο εφαρμόστηκε η μέθοδος των επαναληπτικών μετρήσεων (χορήγηση-επαναχορήγηση) και υπολογίστηκε ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης Pearson's r (Πίνακας 6). Οι συντελεστές συσχέτισης των επιμέρους

Ενδέχεται να υπάρξουν ορισμένες αλλαγές/αναθεωρήσεις πριν την έκδοση.

υποκλιμάκων του MathPro Test κρίνονται ικανοποιητικές καθώς κυμάνθηκαν από r=0,64 έως r=0,84. Εξαίρεση αποτέλεσαν τις υποκλίμακες οι οποίες είχαν σημειώσει χαμηλό δείκτη εσωτερικής συνοχής ήτοι η Σύγκριση συνόλων κουκίδων (r=0,41) και η Σύγκριση μονοψήφιων και πολυψήφιων αριθμών (r=0,33 και r=0,44 αντίστοιχα) αλλά μόνο όσον αφορά την ακρίβεια των απαντήσεων.

Πίνακας 6. Δείκτες επαναληπτικών μετρήσεων και συνάφειας μεταξύ των υποκλιμάκων του MathPro Test και της αξιολόγησης του εκπαιδευτικού της τάξης στο μάθημα των μαθηματικών.

	Συντελεστές Pearson's r						
	χορήγηση - επαναχορήγηση	Αξιολόγηση εκπαιδευτικού ανά τάξη					
		Α΄	Β΄	Γ΄	Δ΄	Ε΄	ΣΤ΄
Σύγκριση συνόλων κουκκίδων (ΑΚ)	0,41***	0,05	0,17***	0,13	0,07	0,18***	0,27***
Σύγκριση μονοψήφιων αριθμών (ΑΚ)	0,33***	0,20***	0,25***	0,16**	0,15***	0,20***	0,16***
Σύγκριση μονοψήφιων αριθμών (ΧΑ)	0,74***	0,31***	0,18***	0,11**	0,18***	0,15***	0,11**
Σύγκριση πολυψήφιων αριθμών (ΑΚ)	0,44***	-	0,30***	0.28***	0,40***	0,34***	0,36***
Σύγκριση πολυψήφιων αριθμών (ΧΑ)	0,66***	-	0,13***	0.17***	0,17***	0,19***	0,17***
Υπαγόρευση αριθμών (ΑΚ)	0,77***	0,28***	0,35***	0,21***	0,16***	0,20***	0,12**
Υπαγόρευση αριθμών (ΧΑ)	0,66***	-	-	0,01	0,08	0,05	0,04
Επόμενος αριθμός (ΑΚ)	0,66***	0,26***	0,30***	0,12**	,075	0,10**	0,07
Επόμενος αριθμός (ΧΑ)	0,66***	-	-	0,11**	0,12***	0,15**	0,17***
Προηγούμενος αριθμός (ΑΚ)	0,64***	0,24***	0,27***	0,21***	0,24***	0,15***	0,19***
Προηγούμενος αριθμός (ΧΑ)	0,77***	-	-	0,17***	0,16***	0,22***	0,19***
Άμεση εκτίμηση κουκκίδων (ΑΚ)	0,70***	0,28***	0,13**	0,14***	0,20***	0,08	0,16***
Απαρίθμηση (ΑΚ)	0,65***	0,18***	0,15**	0,14***	0,20***	0,01	0,15***
Απαρίθμηση (ΧΑ)	0,82***	-	0,15**	0,20***	0,22***	0,14***	0,17***
Ανάκληση αθροισμάτων (ΑΚ)	0,83***	0,33***	0,16**	0,19***	0,24***	0,14***	0,06
Ανάκληση αθροισμάτων (ΧΑ)	0,72***	-	0,38***	0,32***	0,30***	0,36***	0,27***
Ανάκληση γινομένων (ΑΚ)	0,70***	-	-	0,44***	0,35***	0,38***	0,36***
Ανάκληση γινομένων (ΧΑ)	0,72***	-	-	0,29***	0,23***	0,39***	0,25***
Νοεροί υπολογισμοί (ΑΚ)	0,80***	-	0,32***	0,42***	0,39***	0,52***	0,45***
Αριθμογραμμές 0-100 (ΠΑΣ)	0,79***	0,36***	0,32***	0,38***	0,34***	0,32***	0,29***
Αριθμογραμμές 0-1000 (ΠΑΣ)	0,70***	-	-	-	0,31***	0,46***	0,35***
Τετράγωνα (ΑΚ)	0,83***	0,24***	0,26***	0,32***	0,28***	0,27***	0,27***
Κύβοι (ΑΚ)	0,72***	0,30***	0,25***	0,24***	0,27***	0,26***	0,24***
Προβλήματα (ΑΚ)	0,82***	-	0,31***	0,38***	0,36***	0,50***	0,37***
Αρχές αριθμητικής (ΑΚ)	0,84***	-	-	0,31***	0,34***	0,42***	0,35***
Αριθμητικά μοτίβα (ΑΚ)	0,75***	0,31***	0,32***	0,34	0,36***	0,33***	0,33***

***p<0,001· **p<0,01· ΑΚ: Ακρίβεια· ΧΑ: Χρόνος απόκρισης· ΠΑΣ: Ποσοστό απόλυτων τιμών σφάλματος.

Ευαισθησία στο βαθμό δυσκολίας στα μαθηματικά

Προκειμένου να αξιολογήσουμε κατά πόσο το MathPro Test είναι ευαίσθητο στο βαθμό δυσκολίας στα μαθηματικά, εξετάσαμε τη σχέση των εκτιμήσεων των εκπαιδευτικών για τη συνολική ικανότητα των μαθητών στα μαθηματικά με την επίδοση στις υποκλίμακες της

Ενδέχεται να υπάρξουν ορισμένες αλλαγές/αναθεωρήσεις πριν την έκδοση.

δοκιμασίας. Αυτό έγινε υπολογίζοντας το συντελεστή γραμμικής συσχέτισης Pearson's r μεταξύ των επιμέρους υποκλιμάκων του MathPro Test και της αντίστοιχης εκτίμησης των εκπαιδευτικών. Παρατηρήθηκαν ικανοποιητικού ύψους συσχετίσεις. Οι συντελεστές συσχέτισης των υποκλιμάκων των τομέων της μνήμης, της συλλογιστικής και του οπτικο-χωρικού τομέα ήταν μεγαλύτεροι σε σχέση με αυτούς των υποκλιμάκων του τομέα της επίγνωσης του αριθμού. Προκειμένου να εξετάσουμε κατά πόσο το MathPro Test μπορεί να διακρίνει τους μαθητές με δυσκολίες στα μαθηματικά (ΔΜ), συγκρίναμε την επίδοση στις επιμέρους υποκλίμακες του MathPro Test των παιδιών με χαμηλή επίδοση στα μαθηματικά με τη μέση επίδοση ολόκληρου του πληθυσμού ήτοι τη μέση τιμή κάθε υποκλίμακας ανά τάξη.

Πίνακας 7. Πολλαπλοί έλεγχοι t ενός δείγματος σύγκρισης παιδιών με ΜΔ με τη μέση επίδοση στις υποκλίμακες του MathPro Test.

	Α΄ τάξη	**Β΄ τάξη**	**Γ΄ τάξη**	**Δ΄ τάξη**	**Ε΄ τάξη**	**ΣΤ΄ τάξη**
	t (35)	t (31)	t (55)	t (104)	t (60)	t (66)
Σύγκριση συνόλων κουκκίδων (ΑΚ)	-0,83	**-3,12****	-1,91	-2,47*	-2,77**	**-3,86*****
Σύγκριση μονοψήφιων αριθμών (ΔΧΑ)	-2,60*	-0,58	-0,69	**-3,23****	**-3,58****	-2,28*
Σύγκριση πολυψήφιων αριθμών (ΑΚ)	-	**-3,45****	**-3,35****	**-7,54*****	**-6,916*****	**-5,63*****
Υπαγόρευση αριθμών (ΑΚ)	**-5,01*****	**-5,19*****	**-4,93*****	**-4,71*****	**-3,41****	-2,54*
Επόμενος αριθμός (ΑΚ)	**-5,35*****	**-4,99*****	**-4,88*****	**-3,20****	-2,57*	-1,63
Προηγούμενος αριθμός (ΑΚ)	**-5,38*****	**-4,96*****	**-5,39*****	**-4,99*****	-2,67*	-2,56*
Άμεση εκτίμηση κουκκίδων (ΑΚ)	-2,80**	-2,42*	**-3,78*****	**-4,29*****	-2,51*	-2,39*
Απαρίθμηση (ΑΚ)	**-3,31****	**-3,08****	**-3,48****	**-4,27*****	-2,40*	-2,78**
Ανάκληση αθροισμάτων (ΑΚ)	**-4,34*****	**-3,79****	**-3,84*****	**-4,11*****	-2,74**	-1,84
Ανάκληση αθροισμάτων (ΔΧΑ)	-	-1,95	-2,95**	**-4,48*****	**-4,28*****	**-3,51****
Ανάκληση γινομένων (ΑΚ)	-	-	**-8,98*****	**-7,07*****	**-6,33*****	**-3,84*****
Ανάκληση γινομένων (ΔΧΑ)	-	-	**-3,18****	**-4,11*****	**-4,41*****	-2,45*
Νοερά υπολογισμοί (ΑΚ)	-	**-8,647****	**-10,88*****	**-12,45*****	**-12,11*****	**-6,28*****
Αριθμογραμμές 0-100 (ΠΑΣ)	-2,65*	**-5,74*****	**-6,19*****	**-5,74*****	**-5,31*****	**-3,646****
Αριθμογραμμές 0-1000 (ΠΑΣ)	-	-	-	**-7,32*****	**-7,96*****	**-4,54*****
Τετράγωνα (ΑΚ)	**-8,03*****	**-6,89*****	**-8,91*****	**-6,85*****	**-5,98*****	**-4,47*****
Κύβοι (ΑΚ)	**-10,21*****	**-7,53*****	**-5,48****	**-7,01*****	**-6,14*****	**-4,07*****
Προβλήματα (ΑΚ)	-	**-9,97*****	**-10,59*****	**-10,23*****	**-11,57*****	**-6,65*****
Αρχές αριθμητικής (ΑΚ)	-	-	**-9,18*****	**-10,24*****	**-10,45*****	**-6,48*****
Αριθμητικά μοτίβα (ΑΚ)	**-5,07*****	**-5,87*****	**-9,73*****	**-9,84*****	**-8,46*****	**-4,52*****

***p<0,001· **p<0,01· Με έντονους χαρακτήρες σημειώνονται οι δείκτες που παρέμειναν στατιστικά σημαντικοί μετά τη διόρθωση Bonferroni · ΑΚ: Ακρίβεια· ΔΧΑ: Διορθωμένος χρόνος απόκρισης· ΠΑΣ: Ποσοστό απόλυτων τιμών σφάλματος

Το δείγμα των παιδιών με ΔΜ αποτέλεσαν εκείνα τα παιδιά που εκτιμήθηκαν από τους εκπαιδευτικούς πως είχαν πολύ χαμηλή ή χαμηλή μαθηματική ικανότητα. Με βάση αυτό το

Ενδέχεται να υπάρξουν ορισμένες αλλαγές/αναθεωρήσεις πριν την έκδοση.

κριτήριο εντοπίστηκαν 351 παιδιά με ΔΜ (Α΄=35, Β΄=31, Γ΄=55, Δ΄=104, Ε΄= 60, ΣΤ΄=66). Για να συγκριθούν οι επιδόσεις των παιδιών αναφορικά με την ακρίβεια ή/και τον χρόνο απόκρισης στις επιμέρους υποκλίμακες του MathPro Test πραγματοποιήθηκαν πολλαπλοί έλεγχοι t ενός δείγματος (one sample t-test) ανά τάξη. Ο χρόνος απόκρισης διορθώθηκε αφαιρώντας τη διάμεσο του χρόνου απόκρισης της υποκλίμακας *Ταχύτητα χρήσης πληκτρολογίου* ενώ στη υποκλίμακα *Σύγκριση μονοψήφιων αριθμών* αντίστοιχη διόρθωση έγινε με βάση την υποκλίμακα *Ταχύτητα χρήσης ποντικιού.* Λόγω των πολλαπλών συγκρίσεων, εφαρμόστηκε η διόρθωση Bonferroni ($p<0,0025$). Τα αποτελέσματα (Πίνακα 7) έδειξαν πως τα παιδιά με ΔΜ σημείωσαν σημαντικά χαμηλότερες επιδόσεις σε όλες τις υποκλίμακες της δοκιμασίας. Μη στατιστικά σημαντικές διαφορές μετά τη διόρθωση Bonferroni εντοπίστηκαν μόνο στην υποκλίμακα *Σύγκριση συνόλων κουκκίδων* στις Α΄,Γ΄, Δ΄ και Ε΄ τάξεις, στη *Σύγκριση μονοψήφιων αριθμών* στις Β΄ Γ΄ και Ε΄ τάξεις, στην *Υπαγόρευση αριθμών* στην ΣΤ΄ τάξη και στις υποκλίμακες *Επόμενος αριθμός, Προηγούμενος αριθμός, Αμεση εκτίμηση κουκκίδων, Απαρίθμηση* και *Ανάκληση αθροισμάτων* στην Ε΄και ΣΤ΄τάξη.

Συζήτηση

Η παρούσα μελέτη είχε ως στόχο την παρουσίαση της προσαρμογής και στάθμισης του MathPro Test στην ελληνική γλώσσα. Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει διάφορες προσπάθειες από ερευνητές και επαγγελματίες στο πεδίο της γνωσιακής επιστήμης των μαθηματικών και της εκπαίδευσης των μαθηματικών προκειμένου να κατασκευαστεί ένα θεωρητικά τεκμηριωμένο εργαλείο αξιολόγησης ή/και διάγνωσης των μαθησιακών δυσκολιών στα μαθηματικά (ΜΔΜ) ή της Δυσαριθμησίας, όπως συνηθίζεται να λέγεται (Szücs, 2016). Τα περισσότερα από αυτά τα εργαλεία είχαν αρχικά εφαρμοστεί για ερευνητικούς σκοπούς (Geary, 2005) και η αξιολόγηση επιχειρούσε να ελέγξει συγκεκριμένη κάθε φορά αιτιολογική υπόθεση των ΜΔΜ. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να αξιολογούν μαθηματικές δεξιότητες ειδικού γνωστικού τομέα που αφορούν κυρίως την επεξεργασία του αριθμητικών μεγεθών (συμβολικής και μη-συμβολικής μορφής) αγνοώντας πιο σύνθετες μαθηματικές δεξιότητες, οι οποίες επηρεάζουν σημαντικά τη συνολική επίδοση στα μαθηματικά. Από την άλλη μεριά, οι υπάρχουσες δοκιμασίες που αξιολογούν πιο διευρυμένες μαθηματικές δεξιότητες, όπως για παράδειγμα η δοκιμασία NUCALC (Koumoula et. al., 2004), η οποία προσφέρεται και στην ελληνική γλώσσα, χορηγούνται με μολύβι και χαρτί με

Ενδέχεται να υπάρξουν ορισμένες αλλαγές/αναθεωρήσεις πριν την έκδοση.

αποτέλεσμα να αποτυγχάνουν να αξιολογήσουν με ακρίβεια ειδικές γνωστικές δεξιότητες όπου ο χρόνος παρουσίασης του ερεθίσματος καθώς και ο χρόνος απόκρισης του εξεταζόμενου είναι καθοριστικής σημασίας.

Το MathPro Test επιχειρεί να καλύψει το παραπάνω κενό καθώς πρόκειται για μια δοκιμασία η οποία χορηγείται αποκλειστικά μέσω Η/Υ, καταγράφοντας τόσο την ακρίβεια/ορθότητα των απαντήσεων όσο και το χρόνο απόκρισης. Αποτελεί την εξέλιξη της δοκιμασίας ΔιΔυΜα (Καραγιαννάκης, 2014) και επιχειρεί να αντιμετωπίσει τους περιορισμούς των αντίστοιχων μελετών που έχουν λάβει χώρα (Karagiannakis & Baccaglini-Frank, 2014· Karagiannakis, Baccaglini-Frank & Roussos, 2017). Περιλαμβάνει 18 κύριες υποκλίμακες (και δύο ακόμα που ελέγχουν την ταχύτητα απόκρισης των εξεταζόμενων), οι οποίες έχουν ταξινομηθεί με βάση το τετράπτυχο μοντέλο κατηγοριοποίησης των μαθηματικών δυσκολιών/δεξιοτήτων (Karagiannakis et al., 2014) αξιολογώντας τόσο μαθηματικές δεξιότητες ειδικές για την επεξεργασία των μαθηματικών μεγεθών (επίγνωση αριθμού) όσο και πιο σύνθετες μαθηματικές δεξιότητες που έχουν προσαρμοστεί στο ελληνικό αναλυτικό πρόγραμμα του μαθήματος των μαθηματικών και εδράζονται σε γνωσιακές δεξιότητες γενικού τομέα (μνήμης, συλλογιστικής, οπτικο-χωρικές).

Πρόκειται για ένα αξιόπιστο εργαλείο αξιολόγησης της μαθηματικής ικανότητας, καθώς οι μετρήσεις των υποκλιμάκων του παρουσίασαν ικανοποιητική εσωτερική συνοχή καθώς και σταθερότητα στην επαναχορήγηση. Πιο συγκεκριμένα, η αξιοπιστία της εσωτερικής συνοχής της δοκιμασίας επιτεύχθηκε με κριτήριο το συντελεστή αξιοπιστίας omega σύμφωνα με το οποίο 23 από τις 26 μετρήσεις βρέθηκαν να έχουν εξαιρετική ή ικανοποιητική εσωτερική συνοχή. Η εσωτερική συνοχή του εργαλείου έχει επιβεβαιωθεί και σε άλλα δείγματα μαθητών Α΄ - ΣΤ΄ δημοτικού (Karagiannakis & Nöel, 2020· Baccaglini-Frank, Karagiannakis, Pini, Termine, & Girelli, 2020· Farrell, Falzon & Karagiannakis, 2020). Η σταθερότητα στο χρόνο έλαβε χώρα μέσω του ελέγχου επαναληπτικών μετρήσεων όπου καταγράφθηκαν ικανοποιητικοί δείκτες του συντελεστή Pearson's μεταξύ της χορήγησης - επαναχορήγησης.

Οι υποκλίμακα *Σύγκριση κουκκίδων* καθώς και οι υποκλίμακες *Σύγκριση μονοψήφιων αριθμών* και *Σύγκριση πολυψήφιων αριθμών* μόνο όσον αφορά την ακρίβεια παρουσίασαν χαμηλή εσωτερική συνάφεια. Έχει φανεί πως η επίδραση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών (π.χ. μέγεθος κουκκίδων, πυκνότητα, επιφάνεια κάλυψης) των δραστηριοτήτων της υποκλίμακας *Σύγκριση κουκκίδων* μειώνεται καθώς ο χρόνος παρουσίασης των δραστηριοτήτων αυξάνεται

Ενδέχεται να υπάρξουν ορισμένες αλλαγές/αναθεωρήσεις πριν την έκδοση.

(Gilmore, Cragg, Hogan & Inglis, 2016). Μεγαλύτερος χρόνος παρουσίασης των συγκεκριμένων δραστηριοτήτων φαίνεται πως επιτρέπουν καλύτερη ερμηνεία των γεωμετρικών τους χαρακτηριστικών (Cheyette & Piantadosi, 2019). Το σύντομο χρονικό διάστημα (840 ms) παρουσίασης των δραστηριοτήτων της υποκλίμακας *Σύγκριση κουκκίδων* στην παρούσα μελέτη ενδεχομένως συνέβαλε στην αυξημένη επίδραση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των δραστηριοτήτων σε βάρος της αξιοπιστίας της υποκλίμακας. Θα πρέπει επομένως να επανεξεταστεί η υποκλίμακα αυτή, ώστε να διαπιστωθεί το κατά πόσο αξιολογεί αποκλειστικά την ικανότητα σύγκρισης αριθμητικών ποσοτήτων κατά προσέγγιση περιορίζοντας την επίδραση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των δραστηριοτήτων. Οι χαμηλοί δείκτες εσωτερικής συνάφειας που σημειώθηκαν στις υποκλίμακες *Σύγκριση μονοψήφιων αριθμών* και *Σύγκριση πολυψήφιων αριθμών*, ιδιαίτερα στις μεγαλύτερες τάξεις, ενδεχομένως να οφείλονται σε παρορμητικά λάθη απροσεξίας των μαθητών δεδομένου του μικρού βαθμού δυσκολίας. Ο χρόνος απόκρισης κρίνεται πιο ευαίσθητο μέτρο αυτών των υποκλιμάκων.

Το MathPro Test φαίνεται πως είναι ευαίσθητο στο βαθμό δυσκολίας στα μαθηματικά αφού σημειώθηκαν αξιόλογες συσχετίσεις μεταξύ των υποκλιμάκων της δοκιμασίας και της αξιολόγησης της μαθηματικής ικανότητας των μαθητών με βάση την εκτίμηση του εκπαιδευτικού της τάξης. Όπως αναμενόταν οι εκτιμήσεις των εκπαιδευτικών συσχετίστηκαν ισχυρότερα με τις υποκλίμακες των τομέων της συλλογιστικής (π.χ. *Νοεροί υπολογισμοί, Προβλήματα*), της μνήμης (π.χ. *Ανάκληση γινομένων*) και του οπτικο-χωρικού τομέα (π.χ. *Αριθμογραμμές, Τετράγωνα*) οι οποίες είναι περισσότερο συναφής με τις μαθηματικές δραστηριότητες που συμπεριλαμβάνονται στο αναλυτικό πρόγραμμα του σχολείου, σε σχέση με τις υποκλίμακες του τομέα της επίγνωσης αριθμού (π.χ. *Άμεση εκτίμηση κουκκίδων, Σύγκριση κουκκίδων*). Επιπρόσθετα, οι μαθητές με δυσκολίες στα μαθηματικά σημείωσαν χαμηλότερες επιδόσεις σε σχέση με τους συμμαθητές τους σε όλες τις υποκλίμακες της δοκιμασίας. Οι διαφορές ήταν στατιστικά σημαντικές στις υποκλίμακες του οπτικο-χωρικού τομέα και της συλλογιστικής σε όλες τις τάξεις. Στον τομέα της μνήμης σημειώθηκαν αξιοσημείωτες διαφορές στις τάξεις Α΄ έως Δ΄ ενώ στις δυο τελευταίες τάξεις του δημοτικού οι μαθητές με δυσκολίες φαίνεται να έχουν κατακτήσει τις βασικές μαθηματικές δεξιότητες για αυτή την ηλικία όπως η διάταξη των αριθμών και η ανάκληση απλών γεγονότων πρόσθεσης και πολλαπλασιασμού.

Ενδέχεται να υπάρξουν ορισμένες αλλαγές/αναθεωρήσεις πριν την έκδοση.

Περιορισμοί της έρευνας

Αξίζει να σημειωθεί πως η αξιοπιστία και η εγκυρότητα ενός εργαλείου είναι μια διαρκής διαδικασία η οποία αποτελεί έναν από τους περιορισμούς και της παρούσας εργασίας. Στην παρούσα μελέτη, για παράδειγμα δεν αξιολογήθηκε η συγκλίνουσα εγκυρότητα του εργαλείου καθώς από τη μια δεν διατίθενται στην ελληνική γλώσσα κάποιο σταθμισμένο εργαλείο που να περιλαμβάνει αντίστοιχες υποκλίμακες και από την άλλη ο σχεδιασμός της έρευνας της στάθμισης δεν προέβλεπε δεύτερη συνάντηση με τους εξεταζόμενους και μάλιστα ένα προς ένα. Παρόλα αυτά, η σύγκλιση που παρατηρήθηκε μεταξύ των εκτιμήσεων των εκπαιδευτικών και της επίδοσης στο MathPro Test υποστηρίζουν σε ένα βαθμό την εγκυρότητα του εργαλείου. Η συγκλίνουσα εγκυρότητα του MathPro Test έχει επιβεβαιωθεί στην μελέτη στάθμισης του εργαλείου στη Φλαμανδική γλώσσα (Karagiannakis & Nöel, 2020). Μελλοντικές μελέτες θα πρέπει να διεξαχθούν σε μαθητές που έχουν διάγνωση μαθησιακών δυσκολιών στα Μαθηματικά – Δυσαριθμησία προκειμένου να διερευνηθεί η επίδοση τους στις υποκλίμακες του τομέα της επίγνωσης αριθμού και να εξεταστεί περαιτέρω συνολικά η διακριτική ισχύς του εργαλείου. Επιπρόσθετα σημειώνουμε τους παρακάτω περιορισμούς της παρούσας μελέτης: οι μετρήσεις δεν ακολουθούσαν πάντα την κανονική κατανομή στις υποκλίμακες όπου καταγραφόταν και ο χρόνος απόκρισης, κυρίως λόγω του μικρού βαθμού δυσκολίας των υποκλιμάκων αυτών· η αξιοπιστία των επαναληπτικών μετρήσεων μέσω του υπολογισμού του συντελεστή γραμμικής συσχέτισης Pearson's r ενδέχεται να έχει αυξήσει την πραγματική αξιοπιστία· στους ελέγχους t ενός δείγματος που διεξήχθησαν η μέση τιμή του πληθυσμού συμπεριελάμβανε και την επίδοση των παιδιών με δυσκολίες στα μαθηματικά.

Επίλογος

Εν κατακλείδι, το MathPro Test φαίνεται να είναι ένα πολλά υποσχόμενο εργαλείο αξιολόγησης διευρυμένων μαθηματικών δεξιοτήτων μαθητών Α΄ έως ΣΤ΄ δημοτικού. Το γεγονός πως διατίθεται διαδικτυακά, χορηγείται αυτόνομα σε ατομικό αλλά και σε ομαδικό επίπεδο (χωρίς να απαιτείται ένας εξεταστής για κάθε εξεταζόμενο) και ότι οι εξατομικευμένες αναφορές των αποτελεσμάτων εξάγονται αυτόματα, φανερώνει το υψηλό επίπεδο καινοτομίας και επιτευξιμότητας χορήγησης του εργαλείου. Το MathPro Test αξιολογεί με ενδελεχή και συστηματικό τρόπο τις επιμέρους μαθηματικές δεξιότητες που ενέχονται στη συνολική μαθηματική ικανότητα με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία. Η συνολική διάρκεια χορήγησης του MathPro Test είναι 50 λεπτά κατά μέσο όρο ανάλογα με το ρυθμό κάθε μαθητή, παρέχοντας ένα

Ενδέχεται να υπάρξουν ορισμένες αλλαγές/αναθεωρήσεις πριν την έκδοση.

πλήρες μαθηματικό προφίλ του εξεταζόμενου. Ο χρόνος ολοκλήρωσης θεωρείται σύντομος αν λάβει κανείς υπόψη του πως σε αυτό το χρονικό διάστημα οι εξεταζόμενοι απαντούν σε 214 έως 349 μαθηματικές δραστηριότητες (ανάλογα την τάξη) με το λογισμικό του συστήματος του MathPro Test να καταγράφει 806 ξεχωριστές μετρήσεις.

Τα ευανάγνωστα εξατομικευμένα αποτελέσματα ανά υποκλίμακα σε εκατοστιαίες τιμές (για περισσότερα βλ. Καρούση & Καραγιαννάκης, 2020) που παρέχονται με αυτοματοποιημένο τρόπο στο MathPro Test μπορούν να αξιοποιηθούν με διαφορετικούς τρόπους. Πρώτον, μπορούν να αποτελέσουν το βασικό κριτήριο επιλογής τεχνικών διδασκαλίας των μαθηματικών από τους εκπαιδευτικούς και ειδικούς, οι οποίες να είναι συμβατές με το μαθηματικό προφίλ κάθε μαθητή είτε για την αντιμετώπιση ενδεχόμενων δυσκολιών στα μαθηματικά είτε για τη βελτίωση της επίδοσης στα μαθηματικά. Οι τεχνικές διδασκαλίας θα πρέπει να επικεντρώνονται κυρίως στα δυνατά σημεία των μαθητών τα οποία θα αντισταθμίσουν τις δυσκολίες τους, παρέχοντάς τους έτσι θετικά κίνητρα για να συνεχίσουν. Η αποτελεσματική αντιμετώπιση δυσκολιών στα μαθηματικά ξεκινά μόλις ο μαθητής βιώσει επιτυχία και άρα πιστέψει ότι αξίζει η προσπάθεια (Καραγιαννάκης 2018· Karagiannakis & Cooreman, 2014). Δεύτερον, η ενδελεχής αξιολόγηση που παρέχει το MathPro Test μπορεί να αποτελέσει βασικό εργαλείο για τη διάγνωση συγκεκριμένων ελλειμματικών μαθηματικών δεξιοτήτων σε ατομικό επίπεδο. Μια τέτοιου είδους προσέγγιση ευθυγραμμίζεται με την επικρατούσα άποψη σύμφωνα με πιο πρόσφατα επιστημονικά ευρήματα, που υποστηρίζουν πως οι ΜΔΜ-Δυσαριθμησία παρουσιάζουν ετερογένεια και άρα θα πρέπει να αξιολογούνται σε εξατομικευμένο επίπεδο (Huijsmans, Kleemans, Ven & Kroesbergen, 2020). Αυτό άλλωστε συνάδει και με τον τρόπο διάγνωσης των ΜΔΜ-Δυσαριθμησίας που συστήνεται από το DSM-V (Diagnostic and statistical manual of mental Disorders) με παράλληλη αξιολόγηση επιπλέον γνωστικών και μη-γνωστικών παραγόντων από διεπιστημονική ομάδα ειδικών. Τρίτον, η αυτοματοποιημένη καταγραφή των δεδομένων που προσφέρει το λειτουργικό σύστημα του MathPro Test όταν αυτό χορηγείται ομαδικά και ο εύκολος τρόπος προσαρμογής του σε άλλες γλώσσες, το καθιστούν ένα εύχρηστο ερευνητικό εργαλείο για τη διεξαγωγή μελετών μεγάλης κλίμακας σε διεθνές επίπεδο. Το MathPro Test διατίθεται και χρησιμοποιείται για ερευνητικούς σκοπούς επιπλέον στην Αγγλική, Γαλλική, Ιταλική, Μαλτέζικη και Ολλανδική γλώσσα, ενώ βρίσκεται σε διαδικασία προσαρμογής και σε άλλες γλώσσες.

Βιβλιογραφία

Andersson, U., & Ostergren, R. (2012). Number magnitude processing and basic cognitive functions in children with mathematical learning disabilities. *Learning and Individual Differences, 22*, 701–714.

Ashkenazi, S., Black, J. M., Abrams, D. A., Hoeft, F., & Menon, V. (2013). Neurobiological underpinnings of math and reading learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 46*(6), 549-569.

Baccaglini-Frank, A. (in press). To tell a story, you need a protagonist: how dynamic interactive mediators can fulfil this role and foster explorative participation to mathematical discourse. *Educational Studies in Mathematics*. DOI: 10.1007/s10649-020-10009-w

Baccaglini-Frank, A., Karagiannakis, G., Pini, C., Termine, C., & Girelli, L. (2020). Identifying mathematical learning profiles of children between 6 and 12: the Italian standardization of the MathPro battery. *RicercAzione, 12,*167-199.

Bartelet, D., Ansari, D., Vaessen, A., & Blomert, L. (2014). Cognitive subtypes of mathematics learning difficulties in primary education. *Research in Developmental Disabilities, 35*, 657–670.

Butterworth, B. (1999). The mathematical brain. London: Macmillan.

Cheyette, S. J., & Piantadosi, S. T. (2019). A primarily serial, foveal accumulator underlies approximate numerical estimation. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 116,* 17729-17734. https://doi.org/10.1073/pnas.1819956116

Dowker, A. (2005). Individual differences in arithmetic: Implications for Psychology, Neuroscience and Education. NY: Psychology Press.

Farrell, R., Falzon, R. & Karagiannakis, G. (2020). *The MathPro battery: A tool for the early identification of difficulties in learning mathematics*. Early Leaving form Education and Training-The way forward, MEDE, Malta.

Fletcher, J. M., Lyon, G. R., Fuchs, L. S., & Barnes, M. A. (2007). *Learning disabilities: From identification to intervention*. New York, NY: Guilford Press.

Geary, D. C. (2004). Mathematics and learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 37*(1), 4–15.

Geary, D. C. (2005). Role of Cognitive Theory in the Study of Learning Disability in Mathematics. *Journal of Learning Disabilities, 38*(4), 305–307.

Gebuis, T., & Reynvoet, B. (2012). The interplay between nonsymbolic number and its continuous visual properties. *Journal of Experimental Psychology: General, 141*, 642-648.

Gersten, R., Clarke, B., Jordan, N. C., Newman-Gonchar, R., Haymond, K., & Wilkins, C. (2012). Universal Screening in Mathematics for the Primary Grades: Beginnings of a Research Base. *Exceptional Children, 78*(4), 423-445.

Gilmore, C., Cragg, L., Hogan, G., & Inglis, M. (2016). Congruency effects in dot comparison tasks: Convex hull is more important than dot area. *Journal of Cognitive Psychology, 28,* 923-931. https://doi.org/10.1080/20445911.2016.1221828

Gross-Tsur, V., Manor, O., & Shalev, R.S. (1996). Developmental dyscalculia: Prevalence and demographic features. *Developmental Medicine and Child Neurology*, *38*, 25-33.

Huijsmans, M.D.E., Kleemans, M.A.J., Ven, S.H.G. van der., Kroesbergen, E.H. (2020). The relevance of subtyping children with mathematical learning disabilities, *Research in Developmental Disabilities*, *14*, 103704.

IBM Corp. Released. (2017). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0. Armonk, NY: IBM Corp.

Jordan, N.C., Hanich, L.B., Kaplan, D., 2003. Arithmetic fact mastery in young children: a longitudinal investigation. J. Exp. Child Psychol. 85 (2), 103–119.

Καραγιαννάκης, Γ. (2018). *Μαθησιακές Δυσκολίες στα Μαθηματικά: Γεφυρώνοντας τη θεωρία με την πράξη*. Στο Φ. Βλάχος (Επιμ.), Εγκέφαλος, Μάθηση και Ειδική Αγωγή (σελ. 275-306). Αθήνα: Gutenberg.

Καραγιαννάκης, Γ. (2014). *Ανάπτυξη δοκιμασίας Διερεύνησης Δυσκολιών στα Μαθηματικά* (ανέκδοτη διδακτορική διατριβή). Αθήνα: Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Karagiannakis, G., & Noël., M.-P. (2020). Mathematical Profile Test: A preliminary evaluation of an online assessment for mathematics skills of children in Grades 1-6. *Behavioral Sciences, 10,* 126.

Karagiannakis, G. N., Baccaglini-Frank, A. E., & Roussos, P. (2017). Detecting strengths and weaknesses in learning mathematics through a model classifying mathematical skills. *Australian Journal of Learning Difficulties*, *21*(2), 115-141.

Karagiannakis, G., & Baccaglini-Frank, A. (2014). The DeDiMa battery: a tool for identifying students' mathematical learning profiles. *Health Psychology Review*, *2*(4), 291-297.

Karagiannakis, G. N., & Cooreman, A. (2014). Focused MLD intervention based on the classification of MLD subtypes. *The Routledge international handbook of dyscalculia and mathematical learning difficulties*, 265-275.

Karagiannakis, G., Baccaglini-Frank, A., & Papadatos, Y. (2014). Mathematical learning difficulties subtypes classification. *Frontiers in human neuroscience*, *8*, 57.

Καρούση, Τ-Ε., & Καραγιαννάκης Γ. (2020). *Διερεύνηση μαθηματικών δεξιοτήτων μαθητών δημοτικού με ειδικές μαθησιακές δυσκολίες.* Στα πρακτικά του 7ου Συνεδρίου ΑΣΠΑΙΤΕ (σελ. 89-101).

Koumoula, A., Tsironi, V., Stamouli, V., Bardani, I., Siapati, S., Annika, G., … von Aster, M. (2004). An epidemiological study of number processing and mental calculation in Greek schoolchildren. Journal of Learning Disabilities, 37, 377–388.

Låg, T., Bauger, L., Lindberg, M., Friborg, O. (2014).The role of numeracy and intelligence in health-risk estimation and medical data interpretation. *Journal of Behavioral Decision Making, 27*(2), 95-108.

Lewis, K. E., & Fisher, M. B. (2016). Taking stock of 40 years of research on mathematical learning disability: Methodological issues and future directions. *Journal for Research in Mathematics Education, 47*, 338–371.

Lusardi, A., Tufano, P. (2015). Debt literacy, financial experiences, and overindebtedness. *Journal of Pension Economics and Finance*, *14*(4), 332-368.

Murphy, M. M., Mazzocco, M. M. M., Hanich, L. B. & Early, M. C.(2007). Cognitive characteristics of children with mathematics learning disability (MLD) vary as a function of the cutoff criterion used to define MLD. *Journal of Learning Disabilities, 40*(5), 458–478.

OECD (2019), *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*, PISA, OECD Publishing, Paris. *https://doi.org/10.1787/7fda7869-en*

Parsons, S. & Bynner, J. (2005). *Does numeracy matter more? National research and development centre for adult literacy and numeracy*. Research Report, Institute of Education, London 95. 44 pages.

Peters, E., Tompkins, MK., Knoll, M., Ardoin, SP., Shoots-Reinhard, B., Meara, AS. (2019). Despite high objective numeracy, lower numeric confidence relates to worse financial and medical outcomes. *Proceedings of the National Academy Sciences*,*116*(39), 19386-19391.

Rolison, JJ., Morsanyi, K., Peters, E.(2020) Understanding Health Risk Comprehension: The Role of Math Anxiety, Subjective Numeracy, and Objective Numeracy. *Medical Decision Making*, *40*(2), 222-234.

Szücs, D. (2016). Subtypes and co-morbidity in mathematical learning disabilities: Multi-dimensional study of verbal and visual memory processes is key to understanding. *Progress in Brain Research, 227*, 277–304.

von Aster, M. G. & Shalev, R. S. (2007). Number development and developmental dyscalculia. *Developmental Medicine & Child Neurology, 49*, 868–873.

Williams, J., Clemens, S., Oleinikova, K., & Tarvin, K. (2003). The skills for life survey: a national needs and impact survey of literacy, numeracy and ICT skills. DfES Research Brief 490. DfES: London.