

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ



ΠΜΣ: ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΣ

**ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΨΥΧΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ
ΠΡΑΞΗ**

*Καλλιέργεια των εκτελεστικών λειτουργιών μέσω διαμορφωτικής
αξιολόγησης στην επίλυση μαθηματικών προβλημάτων: Ένα
πρόγραμμα παρέμβασης σε μαθητές Δημοτικού Σχολείου*

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥΡΗ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ

ΑΘΗΝΑ, 2017

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο σπουδών για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στην

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΨΥΧΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΠΡΑΞΗ

που απονέμει το Τμήμα Οικιακής Οικονομίας & Οικολογίας του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου.

Εγκρίθηκε την..... από την εξεταστική επιτροπή.

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ

ΒΑΘΜΙΑ

ΥΠΟΓΡΑΦΗ

Δημήτρης Ζμπάινος (επιβλέπων)

Επίκουρος καθηγητής

.....

Αικατερίνη Μαριδάκη – Κασσωτάκη

Καθηγήτρια

.....

Αικατερίνη Αντωνοπούλου

Επίκουρη καθηγήτρια

.....

Η Αναστασία Τουρή

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

- 1) Είμαι ο κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων της πρωτότυπης αυτής εργασίας και από όσο γνωρίζω η εργασία μου δε συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων.
- 2) Αποδέχομαι ότι η ΒΚΠ μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από τη ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	σελ. 5
Abstract	σελ. 6
Θεωρητικό μέρος	σελ. 7
1. Μέρος πρώτο : Οι Εκτελεστικές Λειτουργίες	σελ. 7
1.1. Η έννοια των εκτελεστικών λειτουργιών	σελ. 7
1.1.1. Οι εκτελεστικές λειτουργίες ως μεταγνωστικές ικανότητες	σελ. 10
1.2.Θεωρητικές προσεγγίσεις και συστατικά στοιχεία των εκτελεστικών λειτουργιών	σελ. 13
1.2.1. Το μοντέλο της θεωρίας της Γνωστικής Πολυπλοκότητας και ελέγχου	σελ. 16
1.2.2. Το ενοποιητικό μοντέλο για τις εκτελεστικές λειτουργίες	σελ. 17
1.2.2.1. Η ανανέωση / εργαζόμενη μνήμη	σελ. 19
1.2.2.2. Ο έλεγχος αναστολής	σελ. 19
1.2.2.3. Η εναλλαγή / γνωστική ευελιξία	σελ. 20
1.3. Αξιολόγηση και μέτρηση των εκτελεστικών λειτουργιών	σελ. 21
2. Μέρος δεύτερο: Οι εκτελεστικές λειτουργίες στην εκπαίδευση	σελ. 22
2.1. Εκτελεστικές λειτουργίες και μαθησιακά επιτεύγματα	σελ. 22
2.2. Η αμφίδρομη σχέση εκτελεστικών λειτουργιών και μαθησιακών επιτευγμάτων	σελ. 28

2.3. Η καλλιέργεια των εκτελεστικών λειτουργιών	σελ. 30
2.3.1. Η καλλιέργεια των εκτελεστικών λειτουργιών στην εκπαίδευση	σελ. 31
2.3.1.1. Διδασκαλία στρατηγικών για την καλλιέργεια των εκτελεστικών λειτουργιών στην εκπαίδευση	σελ. 33
2.3.1.2. Εκπαιδευτικά προγράμματα και εκπαιδευτικές παρεμβάσεις για την καλλιέργεια των εκτελεστικών λειτουργιών στην εκπαίδευση	σελ. 34
Μέρος τρίτο: Η Επίλυση Προβλήματος	σελ. 38
3.1. Η επίλυση μαθηματικών προβλημάτων	σελ. 38
3.2. Επίλυση μαθηματικών προβλημάτων και εκτελεστικές λειτουργίες	σελ. 40
3.3. Διδασκαλία στρατηγικών επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων και εκτελεστικές λειτουργίες	σελ. 41
3.3.1. Διδασκαλία στρατηγικών επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων που αφορούν στην εργαζόμενη μνήμη	σελ. 42
3.3.2. Διδασκαλία στρατηγικών επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων που αφορούν στον έλεγχο αναστολής	σελ. 43
3.3.3. Διδασκαλία στρατηγικών επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων που αφορούν στη γνωστική ευελιξία	σελ. 43
Μέρος τέταρτο: Η Διαμορφωτική Αξιολόγηση	σελ. 45
4.1. Η έννοια της διαμορφωτικής αξιολόγησης	σελ. 45
4.1.1. Η ανατροφοδότηση ως βασικό στοιχείο της διαμορφωτικής αξιολόγησης	σελ. 47
4.2. Η μέθοδος «σκέφτομαι μεγαλόφωνα» (think aloud method) ως μορφή	σελ. 49

διαμορφωτικής αξιολόγησης

4.2.1. Το γνωστικό υπόβαθρο της μεθόδου «σκέφτομαι μεγαλόφωνα» σελ. 50

4.2.2. Η εφαρμογή της μεθόδου «σκέφτομαι μεγαλόφωνα» σελ. 51

4.2.3. Η μέθοδος «σκέφτομαι μεγαλόφωνα» στην εκπαίδευση σελ. 52

5. Σκοπός και Ερευνητικά ερωτήματα σελ. 59

Ερευνητικό μέρος σελ. 61

1. Μέθοδος σελ. 61

1.1. Δείγμα σελ. 61

1.2. Ερευνητικά εργαλεία σελ. 62

1.2.1. Διαδικασίες προμέτρησης σελ. 62

1.2.1.1. Εργαζόμενη Μνήμη σελ. 62

1.2.1.2. Έλεγχος Αναστολής σελ. 63

1.2.1.3. Γνωστική Ευελιξία σελ. 64

1.2.1.4. Μαθηματική Ικανότητα σελ. 65

1.2.2. Διαδικασίες μεταμέτρησης σελ. 65

1.3. Διαδικασία	σελ. 66
1.3.1. Περιγραφή των τρόπων διασφάλισης της ανωνυμίας και της προστασίας των μαθητών	σελ. 66
1.3.2. Περιγραφή της χορήγησης των δοκιμασιών	σελ. 66
1.3.3. Περιγραφή της παρέμβασης	σελ. 67
1.3.4. Η εξατομικευμένη παρέμβαση	σελ. 69
2. Αποτελέσματα	σελ. 75
3. Αξιολόγηση του προγράμματος παρέμβασης	σελ. 83
4. Συμπεράσματα	σελ. 89
4.1. Σχολιασμός αποτελεσμάτων	σελ. 89
4.2. Περιορισμοί και προτάσεις για μελλοντικές έρευνες	σελ. 92
Βιβλιογραφία	σελ. 93
Παράρτημα	σελ. 105

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι εκτελεστικές λειτουργίες αποτελούν μία ομάδα ανώτερων γνωστικών ικανοτήτων που επιτρέπουν στο άτομο να προγραμματίζει, να σχεδιάζει και να προσαρμόζει τη συμπεριφορά του. Αρκετές έρευνες έχουν δείξει ότι οι εκτελεστικές λειτουργίες συνδέονται με την ομαλή προσαρμογή των μαθητών στο σχολικό τους περιβάλλον και με την επίτευξη υψηλών μαθησιακών επιδόσεων. Ωστόσο φαίνεται ότι οι εκτελεστικές λειτουργίες σχετίζονται σε σημαντικότερο βαθμό με τις μαθηματικές ικανότητες και κυρίως με την ικανότητα επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων. Μέσα στα πλαίσια αυτά, έχουν αναπτυχθεί εκπαιδευτικές παρεμβάσεις με σκοπό την ενίσχυση των εκτελεστικών λειτουργιών των μαθητών και κατ' επέκταση των μαθησιακών τους επιτευγμάτων. Με την παρούσα ερευνητική εργασία επιχειρήθηκε να μελετηθεί η δυνατότητα καλλιέργειας των εκτελεστικών λειτουργιών (εργαζόμενη μνήμη, έλεγχος αναστολής, γνωστική ευελιξία) των μαθητών μέσα από ένα πρόγραμμα παρέμβασης βασισμένο στη χρήση της διαμορφωτικής αξιολόγησης κατά την επίλυση σύνθετων μαθηματικών προβλημάτων. Επιπλέον μελετήθηκε εάν ένα πρόγραμμα παρέμβασης, που έχει ως βασικό του στόχο την καλλιέργεια των εκτελεστικών λειτουργιών, ενισχύει παράλληλα και τη μαθηματική ικανότητα των μαθητών. Το τελικό δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 72 μαθητές της Δ' και ΣΤ' τάξης Δημοτικού Σχολείου, από τους οποίους οι 38 μαθητές υλοποίησαν το πρόγραμμα παρέμβασης, ενώ οι 34 μαθητές αποτέλεσαν την ομάδα ελέγχου. Όλοι οι συμμετέχοντες μαθητές συμπλήρωσαν τις διαδικασίες μέτρησης της μαθηματικής ικανότητας, της εργαζόμενης μνήμης του ελέγχου αναστολής και της γνωστικής ευελιξίας τόσο πριν όσο και μετά την υλοποίηση του προγράμματος παρέμβασης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι εκτελεστικές λειτουργίες των μαθητών δεν ενισχύθηκαν μέσα από το πρόγραμμα παρέμβασης, αλλά ωστόσο οι μαθητές βελτιώθηκαν σημαντικά στην ικανότητα επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων.

Λέξεις κλειδιά: εκτελεστικές λειτουργίες, επίλυση μαθηματικών προβλημάτων, μέθοδος «σκέφτομαι μεγάλωφωνα», διαμορφωτική αξιολόγηση

ABSTRACT

Executive functions constitute a group of higher cognitive abilities that allow the individual to plan and adapt his behavior. Several studies have shown an association between executive function, school adaptation and high learning outcomes. However, executive functions seem to be more relevant to mathematical skills and, above all, to the mathematical problem-solving ability. Within this framework, educational interventions have been developed in order to strengthen the students' executive functions and thus their learning achievements. This study aimed to investigate the extent to which a school-based intervention in mathematical problem-solving through formative assessment contributes to children's executive functions and their ability to solve mathematical word problems. The sample consisted of 72 children in Grades 4 and 6 (10 – 12 years old). Only the experimental group (38 children) participated in intervention and the rest children (23 students) were at the control group. All the participants completed a set of executive functions measures (working memory, inhibition, cognitive flexibility) and a mathematical problem-solving test. All the participants were evaluated before and after the intervention. According to the results, executive functions were not enhanced after a school-based intervention on mathematical problem-solving. Interestingly, children's ability to solve mathematical word problems was improved after this intervention.

Keywords: executive functions, mathematical problem-solving, think-aloud method, formative assessment

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Εισαγωγή – Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας

Μέρος πρώτο: Οι Εκτελεστικές Λειτουργίες

1.1 Η έννοια των Εκτελεστικών Λειτουργιών

Ο όρος «Εκτελεστικές Λειτουργίες» εμφανίζεται ολοένα και περισσότερο στη σύγχρονη βιβλιογραφία, με τους μελετητές να επισημαίνουν τη σημαντικότητα των εκτελεστικών λειτουργιών σε ένα ευρύ φάσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας. Ωστόσο παρά το γεγονός ότι αποτελεί αντικείμενο μελέτης πολλών ερευνών από τον χώρο της ψυχολογίας, της νευροεπιστήμης, ακόμα και της εκπαίδευσης, δεν υπάρχει ένας κοινά αποδεκτός ορισμός της έννοιας των «Εκτελεστικών Λειτουργιών». Οι μέχρι τώρα ερευνητικές προσπάθειες που μελετούν τη φύση και τις διαστάσεις των εκτελεστικών λειτουργιών εμφανίζουν αντικρουόμενα ευρήματα, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει σαφήνεια ως προς το περιεχόμενο και τα επιμέρους χαρακτηριστικά της έννοιας «Εκτελεστικές Λειτουργίες» (Jurado & Rosselli, 2007, Anderson, 2002, Poulou, 2012, Ardila, 2008, Best & Miller, 2010).

Εμπνευστής του όρου «Εκτελεστικές Λειτουργίες» θεωρείται ο Luria (1966 στο Garon, Bryson & Smith, 2008). Ωστόσο, ο όρος αυτός χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά, στο μοντέλο των Baddley & Hitch (1974 στο Jurado & Rosselli, 2007) για την εργαζόμενη μνήμη, στα πλαίσια του οποίου χρησιμοποιήθηκε ο όρος «κεντρικός επεξεργαστής» (central executive). Αργότερα, η Lezak (1983 στο Garon et al., 2008) συνέδεσε τις εκτελεστικές λειτουργίες με τον τρόπο που εκδηλώνεται η ανθρώπινη συμπεριφορά. Πιο συγκεκριμένα, επεσήμανε ότι οι εκτελεστικές λειτουργίες είναι ενδείξεις της προσαρμοστικής και στοχοκατευθυνόμενης συμπεριφοράς του ατόμου, καθώς του επιτρέπουν να ξεπεράσει αυτόματες και παρορμητικές συμπεριφορές και να επιλύσει νέες καταστάσεις και δύσκολα προβλήματα (Garon, Bryson & Smith, 2008, Ardila, 2008, Best & Miller, 2010, Jurado & Rosselli, 2007). Αργότερα, η Denckla (1989, στο Poulou, 2012) περιέγραψε τις εκτελεστικές λειτουργίες ως έναν γενικό όρο που περιλαμβάνει πολλές, ανωτέρου επιπέδου, γνωστικές ικανότητες, απαραίτητες για την ανεξάρτητη και στοχοκατευθυνόμενη συμπεριφορά του ατόμου.

Στα πλαίσια ορισμού των εκτελεστικών λειτουργιών, είναι ευρέως αποδεκτό ότι ο όρος «Εκτελεστικές Λειτουργίες» λειτουργεί ως όρος ομπρέλα, η οποία περιλαμβάνει αρκετές επιμέρους νευροψυχολογικές διεργασίες, απαραίτητες για τον γνωστικό και συναισθηματικό αυτοέλεγχο (Corbett, Constantine, Hedren, Rocke & Ozonoff, 2009). Οι διαδικασίες αυτές είναι διακριτές, αλλά ταυτόχρονα αλληλένδετες μεταξύ τους και επιτρέπουν στο άτομο να προγραμματίσει και να κατευθύνει τη συμπεριφορά του, ώστε να πετύχει τους στόχους του, να διαχειριστεί νέες και απροσδόκητες καταστάσεις. Επομένως, οι εκτελεστικές λειτουργίες αποτελούν έναν πολυδιάστατο όρο, που ενσωματώνει νοητικές / γνωστικές διαδικασίες, όπως είναι ο σχεδιασμός, η αναστολή των παρορμήσεων, η μνήμη, ο αυτοέλεγχος, η γνωστική ευελιξία και η επίλυση προβλήματος (Ardila, 2008, Anderson, 2002, Corbett et al., 2009).

Οι εκτελεστικές λειτουργίες, επιπλέον, αν και αποτελούν ένα ασαφές ακόμα οικοδόμημα, αναφέρονται σε ψυχολογικές διεργασίες που εμπλέκονται στον συνειδητό έλεγχο της σκέψης και της συμπεριφοράς του ατόμου (Zelazo & Muller, 2002). Στο ίδιο μήκος κύματος, ο Miyake και οι συνεργάτες του, όρισαν τις εκτελεστικές λειτουργίες ως ανώτερες γνωστικές διαδικασίες οι οποίες επιτρέπουν στα άτομα να παρακολουθούν και να ρυθμίζουν τις γνωστικές τους ικανότητες κατά την εκτέλεση σύνθετων γνωστικών έργων (Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, Howerter & Wager, 2000).

Οι εκτελεστικές λειτουργίες συνδέονται με την ενεργοποίηση των προμετωπιαίων περιοχών του εγκεφάλου. Νευροψυχολογικές έρευνες που έγιναν σε ασθενείς με ελλείμματα στις εκτελεστικές λειτουργίες έδειξαν ότι υπήρχαν βλάβες σε περιοχές του προμετωπιαίου φλοιού του εγκεφάλου. Μελέτες νευροαπεικόνισης έχουν εντοπίσει σημαντική δραστηριότητα στον προμετωπιαίο λοβό, όταν τα άτομα εκτελούν έργα εκτελεστικών λειτουργιών. Ταυτόχρονα, ενεργοποιούνται και άλλα νευρικά συστήματα και αναπτύσσονται νευρικές συνδέσεις ανάμεσα στον προμετωπιαίο λοβό και σε άλλες περιοχές του εγκεφάλου, όπως το στέλεχος, ο ινιακός και ο βρεγματικός λοβός. Όλα αυτά δείχνουν ότι οι εκτελεστικές λειτουργίες δε συνδέονται με μία συγκεκριμένη περιοχή του εγκεφάλου, αλλά αντίθετα η ενεργοποίηση και η ακεραιότητα ολόκληρου του εγκεφάλου είναι σημαντική για την ομαλή λειτουργία των εκτελεστικών λειτουργιών (Ardila, 2008, Garon, Bryson & Smith, 2008, Zelazo & Muller, 2002).

Ελλείμματα σε μία ή περισσότερες εκτελεστικές λειτουργίες συνιστούν εκτελεστική δυσλειτουργία. Τα άτομα με εκτελεστική δυσλειτουργία αδυνατούν να ελέγχουν τις παρορμήσεις τους, δυσκολεύονται να παρακολουθούν και να ρυθμίζουν τη σκέψη και τη συμπεριφορά τους, αδυνατούν να προβούν σε αφηρημένο συλλογισμό, ενώ παράλληλα παρουσιάζουν εμμονές σε συγκεκριμένες συμπεριφορές και σκέψεις. Οι διαταραχές στις εκτελεστικές λειτουργίες συνδέονται με τα ελλείμματα που παρουσιάζουν διάφοροι κλινικοί πληθυσμοί. Πιο έντονη φαίνεται να είναι η σχέση αυτή σε παιδιά με Διαταραχή Ελλειμματικής Προσοχής – Υπερκινητικότητα, καθώς και σε παιδιά με Αναπτυξιακές Διαταραχές (Asperger, Αυτισμός) (Garon, Bryson & Smith, 2008, Anderson, 2002, Zelazo & Muller, 2002).

Αναπτυξιακές μελέτες δείχνουν ότι οι εκτελεστικές λειτουργίες αναπτύσσονται ραγδαία κατά τα πρώτα χρόνια της ζωής του ατόμου. Μελετώντας τη συμπεριφορά των παιδιών σε έργα εκτελεστικών λειτουργιών, φαίνεται να υπάρχει σημαντική ανάπτυξη των εκτελεστικών λειτουργιών μεταξύ των 3 και των 5 ετών, καθώς τα παιδιά της νηπιακής και της παιδικής ηλικίας καταφέρνουν να αλλάξουν και να προσαρμόσουν τη συμπεριφορά τους σε ασυμβίβαστους κανόνες. Η ανάπτυξη των εκτελεστικών λειτουργιών, ωστόσο, δεν είναι γραμμική, ενώ, επίσης, έχει παρατηρηθεί ότι οι επιμέρους εκτελεστικές λειτουργίες παρουσιάζουν διαφορετικές αναπτυξιακές τροχιές. Με δεδομένο ότι η ομαλή λειτουργία των εκτελεστικών ικανοτήτων συνδέεται με την ακεραιότητα περιοχών του προμετωπιαίου λοβού, άρα και η ανάπτυξη των ικανοτήτων αυτών συνδέεται με την ωρίμανση των αντίστοιχων προμετωπιαίων εγκεφαλικών περιοχών. Μάλιστα, καθώς ο προμετωπιαίος λοβός είναι η περιοχή του εγκεφάλου που αναπτύσσεται αργά μέχρι την ενήλικη ζωή του ατόμου, επομένως και η ανάπτυξη των εκτελεστικών λειτουργιών συνδέεται με την ωρίμανση αυτή και συντελείται μέχρι την ενηλικίωση (Anderson, 2002, Garon, Bryson & Smith, 2008, Best & Miller, 2010).

Οι εκτελεστικές λειτουργίες, αν και αποτελούν έναν γενικό όρο που αναφέρεται σε μία ομάδα γνωστικών ικανοτήτων που καθορίζουν τη σκέψη και τη συμπεριφορά του ατόμου, διακρίνονται στις «θερμές-συναισθηματικές» και στις «ψυχρές-γνωστικές». Οι «ψυχρές» εκτελεστικές λειτουργίες συνδέονται με τη γνωστική διάσταση του όρου και είναι σημαντικές για την επίλυση σύνθετων γνωστικών προβλημάτων και την επεξεργασία αφηρημένων και λογικών πληροφοριών. Αντίθετα, οι «θερμές» εκτελεστικές λειτουργίες αφορούν στον έλεγχο

και τη ρύθμιση των συναισθημάτων και των κινήτρων, αναδεικνύοντας έτσι τη συναισθηματική διάσταση του όρου «εκτελεστικές λειτουργίες». Μάλιστα, όπως επισημαίνεται στη βιβλιογραφία, οι εκτελεστικές λειτουργίες δεν αποτελούν μόνο μεταγνωστικές ικανότητες που επιτρέπουν την επίλυση προβλημάτων, τον προγραμματισμό και την οργάνωση της σκέψης και της συμπεριφοράς, αλλά ακόμα είναι υπεύθυνες για τον ομαλό συντονισμό της σκέψης και του συναισθήματος (Brock, Rimm-Kaufman, Nathanson & Grimm, 2009, Poulouse, 2012, Zelazo & Muller, 2002, Ardila, 2008).

1. 1. 1. Οι εκτελεστικές λειτουργίες ως μεταγνωστικές ικανότητες

Τα τελευταία χρόνια, οι ερευνητές από τον χώρο της αναπτυξιακής και της εκπαιδευτικής ψυχολογίας δίνουν μεγάλη έμφαση στην αυτορρύθμιση της μάθησης. Ο όρος αυτός αναφέρεται στην ικανότητα των μαθητών να παρακολουθούν οι ίδιοι τα επίπεδα και τις στρατηγικές μάθησής τους, να αναγνωρίζουν και να διορθώνουν τα λάθη τους. Η αυτορρύθμιση της μάθησης επιτρέπει στον μαθητή να παρακολουθεί, να ελέγχει και να αξιολογεί τη συμπεριφορά του, να χρησιμοποιεί τις κατάλληλες στρατηγικές και να επιστρατεύει νέες, όταν οι αρχικές στρατηγικές δεν είναι αποτελεσματικές (Zimmerman, 2002, Cleary & Zimmerman, 2004).

Στον χώρο της ψυχολογίας, οι ικανότητες που περικλείει ο όρος της αυτορρύθμισης συνδέονται με δύο διακριτές, αλλά αλληλένδετες μεταξύ τους, βασικές έννοιες, την έννοια της μεταγνώσης (metacognition, Metacognitive skills) και την έννοια των εκτελεστικών λειτουργιών (executive functions). Παρόλο που αυτές οι δύο περιοχές έρευνας μελετώνται ξεχωριστά, η σύγχρονη βιβλιογραφία επισημαίνει ότι ο όρος «εκτελεστικές λειτουργίες», καθώς αποτελεί μια μεγάλη ομπρέλα γνωστικών λειτουργιών, περιλαμβάνει μεταγνωστικές ικανότητες. Οι εκτελεστικές λειτουργίες, μάλιστα, εμφανίζονται ως προδρομικές και απαραίτητες ικανότητες για την ανάπτυξη των μεταγνωστικών ικανοτήτων (Bryce, Whitebread & Szucs, 2015, Ardila, 2008).

Η έννοια της «Μεταγνώσης» αναφέρεται στη συνειδητοποίηση του ατόμου για τη γνώση που κατέχει και στην ικανότητά του να παρακολουθεί και να ελέγχει τις στρατηγικές που εφαρμόζει για την κατάκτηση της γνώσης. Ο Flavell (1979) όρισε τη μεταγνώση ως την ενημερότητα του ατόμου για το πώς μαθαίνει. Σύμφωνα με την Κωσταρίδου-Ευκλείδη (1997), κεντρικό ρόλο στην έννοια της μεταγνώσης, έτσι όπως

προτάθηκε από τον Flavell, διαδραματίζει η ικανότητα των παιδιών να συνειδητοποιούν τις σκέψεις και τις στρατηγικές τους και κατ' επέκταση να ασκούν έλεγχο πάνω σε αυτές και να τις τροποποιούν όταν δεν κρίνονται αποτελεσματικές. Επομένως, σύμφωνα με τους Reeve & Brown (1985), ο μαθητής γνωρίζοντας τις γνωστικές του ικανότητες, μπορεί να προγραμματίζει, να ελέγχει και να κατευθύνει τη συμπεριφορά και τις σκέψεις του προς την επίτευξη ενός σκοπού.

Από τα παραπάνω, φαίνεται ότι η μεταγνώση ενέχει μέσα της το στοιχείο της αυτορρύθμισης της σκέψης και της συμπεριφοράς του ατόμου. Ειδικότερα σε ότι αφορά τη μαθησιακή διαδικασία, αναφέρεται στην ικανότητα του ατόμου αφενός να ελέγχει τις στρατηγικές που εφαρμόζει ώστε να κατακτήσει τη γνώση και αφετέρου να προβαίνει σε διορθωτικές ενέργειες για την αποτελεσματική κατάκτηση της γνώσης ή την επίλυση ενός γνωστικού έργου. Επομένως, ο μαθητής μπορεί να ελέγχει ο ίδιος τη μαθησιακή διαδικασία και να αποκτήσει έτσι αυτορρύθμιση της μάθησής του.

Από την άλλη πλευρά, η έννοια των εκτελεστικών λειτουργιών, έτσι όπως περιγράφηκε αναλυτικά στο προηγούμενο κεφάλαιο, αναφέρεται στις γνωστικές ικανότητες που επιτρέπουν στο άτομο να ελέγχει και να κατευθύνει τη συμπεριφορά και τη σκέψη του προς την επίτευξη ενός σκοπού. Επομένως, οι εκτελεστικές λειτουργίες ενέχουν κι αυτές την ικανότητα του ατόμου να ελέγχει συνειδητά, να αξιολογεί τις σκέψεις του και να τις τροποποιεί για την αποτελεσματική επίτευξη του στόχου του (Zelazo & Muller, 2002).

Με βάση τα παραπάνω, γίνεται φανερό ότι η μεταγνώση έχει εννοιολογική ομοιότητα με τις εκτελεστικές λειτουργίες, καθώς και οι δύο έννοιες περιλαμβάνουν την ικανότητα των ατόμων να παρακολουθούν και να ελέγχουν τη σκέψη και τη συμπεριφορά τους. Επιπρόσθετα οι δύο αυτές έννοιες συνδέονται με την ικανότητα του ατόμου να ρυθμίζει, να ελέγχει και να αξιολογεί το ίδιο τη μάθησή του, αναπτύσσοντας ικανότητες αυτοδιαχείρισης της μάθησης (self-regulated learning) (Zelazo & Muller, 2002, Cleary & Zimmerman, 2004).

Η στενή σχέση που υπάρχει ανάμεσα στις εκτελεστικές λειτουργίες και τις μεταγνωστικές ικανότητες αποτελεί αντικείμενο ερευνών, σύμφωνα με τις οποίες, η επίδοση των ατόμων σε έργα που αξιολογούν τις εκτελεστικές λειτουργίες βασίζεται στη χρήση μεταγνωστικών στρατηγικών, όπως είναι η αποτελεσματική εφαρμογή στρατηγικών και η ικανότητα του αυτοελέγχου και της αυτοπαρατήρησης (Roebbers,

Cimeli, Rothlisberger & Neuenschwander, 2012). Ταυτόχρονα, οι μεταγνωστικές ικανότητες της αυτοπαρατήρησης και του αυτοελέγχου φαίνεται να συνδέονται με συγκεκριμένες εκτελεστικές λειτουργίες, έτσι όπως αυτές προσεγγίζονται από το νεότερο μοντέλο των Miyake & Friedman (2012). Σύμφωνα με αυτό, ενυπάρχει μία βασική εκτελεστική λειτουργία με δύο επιμέρους διαστάσεις, τη συγκράτηση των σχετικών με το γνωστικό έργο πληροφοριών και την ενεργητική χρήση αυτών για την επίτευξη του γνωστικού έργου. Αυτές οι δύο επιμέρους εκτελεστικές λειτουργίες αναφέρονται στις γνωστικές ικανότητες της αυτοπαρατήρησης και του αυτοελέγχου του ατόμου (Bryce et al., 2015). Είναι χαρακτηριστικό, εξάλλου, ότι ο ορισμός που έχει δοθεί για τις εκτελεστικές λειτουργίες από τον Miyake και τους συνεργάτες του, περιλαμβάνει την ικανότητα του ατόμου να παρακολουθεί και να ρυθμίζει τις γνωστικές του ικανότητες κατά την εκτέλεση πολύπλοκων γνωστικών έργων (Miyake et al., 2000).

Η προσέγγιση των εκτελεστικών λειτουργιών ως μεταγνωστικών ικανοτήτων ενισχύεται και από την προσέγγιση της Eslinger (1996, στο Meltzer, 2011), σύμφωνα με την οποία οι εκτελεστικές λειτουργίες ορίζονται ως ανώτερες γνωστικές ικανότητες που περιλαμβάνουν:

- Την μεταγνωστική γνώση για τα γνωστικά έργα και τις κατάλληλες στρατηγικές επίλυσής τους
- Την ευέλικτη χρήση στρατηγικών για την ολοκλήρωση σύνθετων γνωστικών έργων
- Τις γνωστικές ικανότητες προσοχής και εργαζόμενης μνήμης
- Ικανότητες αυτοελέγχου, όπως είναι οι ικανότητες για προγραμματισμό και αυτοπαρατήρηση της συμπεριφοράς

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω δεδομένα, στην παρούσα εργασία οι εκτελεστικές λειτουργίες προσεγγίζονται ως ανωτέρου επιπέδου γνωστικές λειτουργίες που επιτρέπουν στους μαθητές να ελέγχουν, να ρυθμίζουν και να οργανώνουν τη συμπεριφορά τους προς την επίτευξη ενός σκοπού. Ο ορισμός αυτός ενσωματώνει και την προσέγγιση των εκτελεστικών λειτουργιών ως μεταγνωστικές ικανότητες. Εξάλλου, η εμφάνιση της μεταγνώσης συνδέεται με την ανάπτυξη και την εμφάνιση ποιοτικών αλλαγών στις εκτελεστικές λειτουργίες, καθώς τα παιδιά μαθαίνουν να χρησιμοποιούν την ανατροφοδότηση ώστε να διορθώσουν τα λάθη

τους και να αλλάξουν τον τρόπο σκέψης τους κατά την ολοκλήρωση εκτελεστικών έργων (Best & Miller, 2010).

1.2 Θεωρητικές προσεγγίσεις και συστατικά στοιχεία των εκτελεστικών λειτουργιών

Οι εκτελεστικές λειτουργίες αποτελούν ένα πολυδιάστατο γνωστικό οικοδόμημα, που περιλαμβάνει αρκετές επιμέρους γνωστικές ικανότητες του ατόμου (Banich, 2009, Poulouse, 2012, Garon et al., 2008, Best & Miller, 2010). Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο δεν υπάρχει σαφήνεια ως προς τον όρο και τη φύση των εκτελεστικών λειτουργιών αλλά και ως προς τις επιμέρους λειτουργίες που τις απαρτίζουν. Κατά καιρούς έχουν αναπτυχθεί ποικίλα μοντέλα για τις εκτελεστικές λειτουργίες, τα οποία διαφέρουν ως προς το πόσες και το ποιες είναι οι εκτελεστικές λειτουργίες. Ωστόσο, κοινό χαρακτηριστικό όλων των μοντέλων είναι ότι οι εκτελεστικές λειτουργίες επιτρέπουν στο άτομο να προσαρμόζεται στο περιβάλλον του, να σκέφτεται ευέλικτα, να ελέγχει την αυτόματη και παρορμητική συμπεριφορά του, να σχεδιάζει και να κατευθύνει τη συμπεριφορά του μέχρι να πετύχει τον στόχο του (Jurado & Rosselli, 2007).

Η βασική διαφορά των μοντέλων που έχουν αναπτυχθεί για τις εκτελεστικές λειτουργίες έγκειται στο εάν οι εκτελεστικές λειτουργίες συνιστούν μια μοναδική και βασική λειτουργία, η οποία ελέγχει επιμέρους γνωστικές ικανότητες, ή εάν οι εκτελεστικές λειτουργίες είναι διακριτές ικανότητες. Στα πλαίσια αυτά, έχουν αναπτυχθεί μοντέλα που υποστηρίζουν την ενιαία διάσταση των εκτελεστικών λειτουργιών και μοντέλα που αναδεικνύουν τη διακριτότητά τους (Jurado & Rosselli, 2007, Garon et al., 2008).

Τα πρώτα μοντέλα που αναπτύχθηκαν για τις εκτελεστικές λειτουργίες υποστήριζαν ότι αυτές αποτελούν ένα γνωστικό οικοδόμημα, το οποίο ελέγχει και υποστηρίζει τις επιμέρους γνωστικές διαδικασίες.

Το πιο γνωστό μοντέλο που προσεγγίζει τις εκτελεστικές λειτουργίες ως μια ενοποιημένη δομή είναι αυτό των Baddeley & Hitch (1974, στο Jurado & Rosselli, 2007, Garon et al., 2008) για την εργαζόμενη μνήμη. Σύμφωνα με αυτό, η εργαζόμενη μνήμη αποτελείται από το φωνολογικό κύκλωμα, το οπτικοχωρικό σημειωματάριο και έναν κεντρικό επεξεργαστή, που είναι υπεύθυνος να ελέγχει και να ρυθμίζει τις επιμέρους γνωστικές διαδικασίες της μνήμης. Ο κεντρικός

επεξεργαστής, επιπλέον, αποτελεί ένα κεντρικό σύστημα που ελέγχει και κατευθύνει την προσοχή του ατόμου, χωρίς να έχει σχέση με την αποθήκευση των πληροφοριών. Επίσης, οι διαδικασίες της εργαζόμενης μνήμης φαίνεται να ενεργοποιούν την περιοχή του προμετωπιαίου λοβού του εγκεφάλου.

Σε παρόμοια ευρήματα κατέληξαν και οι Norman & Shallice (1986 στο Garon et al., 2008), οι οποίοι ασχολήθηκαν με τον έλεγχο της επεξεργασίας των πληροφοριών. Το δικό τους μοντέλο επισημαίνει ότι υπάρχει ένα κεντρικό εποπτικό σύστημα προσοχής, το οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό για το άτομο, όταν αυτό καλείται να προγραμματίσει μελλοντικές του πράξεις, να πάρει αποφάσεις και να ασχοληθεί με νέες καταστάσεις και προβλήματα. Η λειτουργία αυτού του συστήματος προσοχής ενεργοποιεί νευρώνες του προμετωπιαίου λοβού του εγκεφάλου του ατόμου (Jurado & Rosselli, 2007).

Ακόμα μία θεωρία η οποία αναδεικνύει τον καίριο ρόλο της προσοχής για την ανάπτυξη των εκτελεστικών λειτουργιών προτάθηκε από τους Posner & Rothbart (1998, στο Garon et al., 2008), οι οποίοι στο δικό τους μοντέλο για την προσοχή χρησιμοποίησαν τον όρο «σύστημα εκτελεστικής προσοχής», ο ρόλος του οποίου έγκειται στο να ελέγχει και να υποστηρίζει τη λειτουργία των υπόλοιπων γνωστικών ικανοτήτων του ατόμου. Από την άλλη πλευρά, το μοντέλο του Dempster (1992, στο Garon et al., 2008) αναδεικνύει ως βασική εκτελεστική λειτουργία την ικανότητα του ατόμου να ελέγχει τις παρορμήσεις του.

Η ενιαία διάσταση των εκτελεστικών λειτουργιών υποστηρίζεται από ευρήματα ερευνών, σύμφωνα με τα οποία διαφορετικά εργαλεία μέτρησης των εκτελεστικών λειτουργιών, που έχουν δοθεί τόσο σε παιδιά όσο και σε ενήλικες, αλληλοσυσχετίζονται, μαρτυρώντας με αυτό τον τρόπο ότι πίσω από τα εργαλεία αυτά υπάρχει ένας κοινός παράγοντας, δηλαδή μια κεντρική εκτελεστική λειτουργία. Μάλιστα, τα εργαλεία για τις εκτελεστικές λειτουργίες φαίνονται να σχετίζονται περισσότερο με ένα κεντρικό σύστημα προσοχής. Τέλος, μέσα από τις αναπτυξιακές έρευνες φαίνεται να υπάρχει μια κοινή κρίσιμη αναπτυξιακή περίοδος των εκτελεστικών λειτουργιών, η οποία συντελείται στις ηλικίες των 3 έως των 6 χρόνων ζωής του ατόμου και η οποία πιθανόν δείχνει ότι πρόκειται για μία κεντρική εκτελεστική λειτουργία, η οποία καθορίζει την ανάπτυξη των επιμέρους ικανοτήτων του ατόμου (Garon et al., 2008).

Ωστόσο, έχουν αναπτυχθεί μοντέλα που υποστηρίζουν ότι δεν υπάρχει μια κεντρική εκτελεστική λειτουργία, αλλά οι εκτελεστικές λειτουργίες αναφέρονται σε επιμέρους διακριτές γνωστικές ικανότητες. Από τις σχετικές έρευνες αναδεικνύονται κυρίως τρεις βασικές εκτελεστικές λειτουργίες: α) ο έλεγχος αναστολής, β) η εργαζόμενη μνήμη και γ) η γνωστική ευελιξία. Ο έλεγχος αναστολής (inhibitory control) αναφέρεται στην ικανότητα του ατόμου να αγνοεί ερεθίσματα που διασπούν την προσοχή του και να ελέγχει τις αυθόρμητες απαντήσεις και συμπεριφορές του. Η εργαζόμενη μνήμη (working memory) είναι η ικανότητα του ατόμου να συγκρατεί στο μυαλό του πληροφορίες και να τις διαχειρίζεται, ενώ η γνωστική ευελιξία (cognitive flexibility) αφορά στην ικανότητα του ατόμου να αλλάζει με ευέλικτο τρόπο τόσο την κατεύθυνση της προσοχής του όσο και τις απόψεις του. Αυτό που είναι εξίσου σημαντικό είναι ότι οι τρεις αυτές εκτελεστικές λειτουργίες συνιστούν τη βάση πάνω στην οποία θα οικοδομηθούν οι ανωτέρου επιπέδου και πιο σύνθετες εκτελεστικές λειτουργίες, όπως είναι η επίλυση προβλήματος, η οργάνωση και ο προγραμματισμός (Diamond, 2013, 2014, Jacob & Parkinson, 2015).

Στην ίδια κατηγορία με το μοντέλο της Diamond για τη διακριτή φύση των εκτελεστικών λειτουργιών, εντάσσεται και το μοντέλο που προτάθηκε από τον Anderson (2000). Σύμφωνα με αυτό, οι Εκτελεστικές Λειτουργίες διακρίνονται σε τέσσερις επιμέρους ικανότητες: α) τον έλεγχο προσοχής, β) την επεξεργασία των πληροφοριών, γ) τη γνωστική ευελιξία και δ) τον καθορισμό στόχων. Αυτές οι επιμέρους λειτουργίες θεωρούνται διακριτές μεταξύ τους. Ωστόσο, λειτουργούν κι με έναν ενοποιητικό τρόπο κατά την εκτέλεση ορισμένων εργασιών, για αυτό μπορούν να νοηθούν ως ένα συνολικό σύστημα ελέγχου. Η εκτελεστική λειτουργία του ελέγχου της προσοχής επηρεάζει σημαντικά την ομαλή λειτουργία των επόμενων εκτελεστικών λειτουργιών. Επίσης, φαίνεται από τις μελέτες, ότι η επεξεργασία των πληροφοριών, η γνωστική ευελιξία και ο καθορισμός στόχων είναι αλληλένδετες και αλληλοεξαρτώμενες.

Οι υποστηρικτές της διακριτότητας των εκτελεστικών λειτουργιών στηρίζουν τα μοντέλα τους στα ευρήματα που προέρχονται από τις μελέτες πάνω στις ατομικές διαφορές. Σύμφωνα με αυτές, ανάμεσα σε διαφορετικές μετρήσεις των εκτελεστικών λειτουργιών υπάρχουν χαμηλές συσχετίσεις, οι οποίες τις περισσότερες φορές δεν είναι στατιστικά σημαντικές. Επιπλέον, οι διαφορετικές εκτελεστικές λειτουργίες ακολουθούν διαφορετική αναπτυξιακή πορεία στη ζωή του ατόμου (Garon et al.,

2008, Jacob & Parkinson, 2015, Banich, 2009). Επίσης, μια σημαντική υποστηρικτική βάση για τη διακριτή φύση των εκτελεστικών λειτουργιών προσφέρουν τα ευρήματα από τις νευροψυχολογικές μελέτες. Οι μελέτες αυτές αφορούσαν άτομα με βλάβες σε μια συγκεκριμένη περιοχή του εγκεφάλου, στον προμετωπιαίο λοβό και έδειξαν ότι διαφορετικές εκτελεστικές λειτουργίες συνδέονται με την ενεργοποίηση διαφορετικών περιοχών του προμετωπιαίου λοβού (Garon et al., 2008).

1.2.1. Το μοντέλο της Θεωρίας της Γνωστικής Πολυπλοκότητας και Ελέγχου

Ανάμεσα στις θεωρίες που έχουν αναπτυχθεί για την κατανόηση των εκτελεστικών λειτουργιών είναι και η θεωρία της γνωστικής πολυπλοκότητας και ελέγχου (Zelazo & Frye, 1998), στα πλαίσια της οποίας οι εκτελεστικές λειτουργίες προσεγγίζονται ως μία σύνθετη γνωστική διαδικασία επίλυσης προβλήματος. Η προσέγγιση αυτή, παρ' όλο που αναπτύσσεται στον χώρο της γνωστικής ψυχολογίας και της νευροψυχολογίας, ενέχει αρκετά όμοια στοιχεία με άλλα μοντέλα επίλυσης προβλήματος (π.χ. Polya, 1957) που κατά καιρούς έχουν αναπτυχθεί και μελετούν τις γνωστικές διαδικασίες που υποστηρίζουν την επίλυση ενός προβλήματος (Zelazo, Carter, Reznick & Frye, 1997).

Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του ατόμου διαδραματίζει η αναπαράσταση των πληροφοριών καθώς και ο τρόπος που αυτή η αναπαράσταση γίνεται όλο και πιο σύνθετη και πολύπλοκη κατά την ανάπτυξη. Αυτό συμβαίνει, διότι το άτομο, καθώς αναπτύσσεται, καλείται να επεξεργαστεί όλο και περισσότερες διαστάσεις των πληροφοριών και να τις ενσωματώσει σε μία ενιαία αναπαράσταση, η οποία σταδιακά γίνεται περισσότερο πολύπλοκη. Οι αλλαγές στον εκτελεστικό έλεγχο συνδέονται με την ιεραρχική πολυπλοκότητα των κανόνων που τα παιδιά χρησιμοποιούν για να επιλύσουν σύνθετα προβλήματα. Πιο συγκεκριμένα, τα παιδιά ηλικίας 2 ετών μπορούν να λειτουργήσουν σύμφωνα με έναν μόνο κανόνα. Ωστόσο, τα παιδιά από την ηλικία των 3 ετών μπορούν να οργανώσουν τη συμπεριφορά τους συγκρατώντας στο μυαλό τους δύο ασυμβίβαστους μεταξύ τους κανόνες, ενώ από την ηλικία των 5 ετών μπορούν να ενεργούν λαμβάνοντας υπόψη του περισσότερα ζευγάρια αντικρουόμενων κανόνων (Garon et al., 2008).

Το μοντέλο επίλυσης προβλήματος για τις εκτελεστικές λειτουργίες, που έχει αναπτυχθεί από τους Zelazo et al. (1997), περιλαμβάνει τέσσερις διακριτές φάσεις εκτελεστικού ελέγχου. Αρχικά, για να μπορέσει κάποιος να επιλύσει ένα πρόβλημα, θα πρέπει να δημιουργήσει μία αναπαράσταση του προβλήματος, η οποία περιλαμβάνει την κατανόηση και την ανάπτυξη ενός πιθανού πλάνου επίλυσής του. Η δεύτερη φάση του εκτελεστικού ελέγχου αναφέρεται στην ικανότητα ανάπτυξης ενός σχεδίου που θα οδηγήσει στην επίλυση του προβλήματος. Η φάση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς το άτομο δεν θα πρέπει να σκεφτεί μόνο ένα πλάνο επίλυσης, αλλά να επεξεργαστεί διαφορετικά εναλλακτικά σχέδια, καθώς επίσης θα πρέπει να λάβει υπόψη του και τη χρονική σειρά με την οποία θα ενεργήσει. Από τη στιγμή που θα καθοριστεί το πλάνο επίλυσης του προβλήματος, ξεκινάει η τρίτη φάση του εκτελεστικού ελέγχου που περιλαμβάνει την εκτέλεση αυτού του πλάνου. Η διαδικασία αυτή είναι σύνθετη καθώς το άτομο καλείται να οργανώσει τις ενέργειές του σύμφωνα με το πλάνο αυτό, προς την επίτευξη, δηλαδή, ενός στόχου (στοχοκατευθυνόμενη συμπεριφορά) και ακολουθώντας κάποιους κανόνες, οι οποίοι αναπτυξιακά γίνονται όλο και πιο σύνθετοι. Τέλος, κατά την τέταρτη και τελευταία φάση του εκτελεστικού ελέγχου διενεργείται η αξιολόγηση του πλάνου και καθορίζεται αν έχει επιτευχθεί ή όχι η επίλυσή του. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει τόσο την ικανότητα του ατόμου να αναγνωρίζει τα λάθη του όσο και να τα διορθώνει (Zelazo & Frye, 1998).

Το μοντέλο αυτό διαφέρει από τα υπόλοιπα που έχουν αναπτυχθεί στο ότι ο εκτελεστικός έλεγχος προσεγγίζεται ως μία μεγάλη δομή που περιλαμβάνει επιμέρους εκτελεστικές λειτουργίες, οι οποίες αλληλεπιδρούν για την επίτευξη της ανώτερης γνωστικής λειτουργίας, της επίλυσης προβλήματος. Ένα από τα κυριότερα πλεονεκτήματα αυτού του μοντέλου αποτελεί η δυνατότητα που δίνει στους ερευνητές να μελετήσουν τις εκτελεστικές δυσλειτουργίες των ατόμων καθώς διεκπεραιώνουν σύνθετα γνωστικά έργα και να τις συνδέσουν με τις φάσεις του εκτελεστικού ελέγχου (Zelazo & Frye, 1997).

1.2.2. Το ενοποιητικό μοντέλο για τις εκτελεστικές λειτουργίες

Ανάμεσα στην επιστημονική κοινότητα έχουν διατυπωθεί διαφορετικές προσεγγίσεις για τη φύση των εκτελεστικών λειτουργιών. Από τη μία πλευρά έχουν αναπτυχθεί μοντέλα και θεωρίες που προσεγγίζουν τις εκτελεστικές λειτουργίες ως

μια ενοποιημένη δομή. Οι προσεγγίσεις αυτές επισημαίνουν ότι υπάρχει μια βασική εκτελεστική λειτουργία που ελέγχει και ρυθμίζει τις επιμέρους γνωστικές ικανότητες του ατόμου. Ωστόσο υπάρχει και η άλλη προσέγγιση σύμφωνα με την οποία οι εκτελεστικές λειτουργίες αναφέρονται σε ξεχωριστές γνωστικές ικανότητες του ατόμου.

Σε μια προσπάθεια να ενοποιηθούν οι δύο παραπάνω προσεγγίσεις, αναπτύχθηκε το ενοποιητικό μοντέλο του Miyake και των συνεργατών του (2000). Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, αναδεικνύεται η ικανότητα της προσοχής ως ο κοινός μηχανισμός που υποστηρίζει την ανάπτυξη των εκτελεστικών λειτουργιών, ενώ παράλληλα οι εκτελεστικές λειτουργίες αποτελούν διακριτές γνωστικές ικανότητες, οι οποίες όμως μερικώς αλληλοσυσχετίζονται. Στα πλαίσια του μοντέλου αυτού αναδεικνύονται τρεις βασικές εκτελεστικές λειτουργίες: α) η νοητική μετατόπιση ή εναλλαγή β) η ανανέωση (εργαζόμενη μνήμη) και γ) ο έλεγχος των παρορμήσεων ή αναστολή. Βασισμένοι στα ευρήματα των ερευνών τους, όρισαν τις εκτελεστικές λειτουργίες ως διακριτές, αλλά αλληλοεξαρτώμενες ως έναν βαθμό, γνωστικές διαδικασίες (Garon et al. 2008, Jacob & Parkinson, 2015, Jurado & Rosselli, 2007, Miyake et al., 2000).

Από τότε, το παραπάνω μοντέλο εφαρμόστηκε σε πολλές μελέτες, ώστε να μελετηθεί η φύση των εκτελεστικών λειτουργιών. Η έρευνα του Lehto και των συνεργατών του (2003), στην οποία συμμετείχαν παιδιά ηλικίας από 8 ως 13 ετών, επιβεβαιώνει τις τρεις επιμέρους εκτελεστικές λειτουργίες που ανέδειξε το μοντέλο του Miyake και των συνεργατών του, καθώς τα εργαλεία μέτρησης των εκτελεστικών λειτουργιών σχηματίζουν τρεις παράγοντες, την εργαζόμενη μνήμη, τη νοητική μετατόπιση και την αναστολή. Αντίθετα, σε άλλη έρευνα (Huizinga et al., 2006), τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν σε έναν βαθμό το παραπάνω μοντέλο, καθώς από την παραγοντική ανάλυση των δοκιμασιών για τις εκτελεστικές λειτουργίες, αναδείχθηκαν μόνο δύο παράγοντες, η εργαζόμενη μνήμη και η νοητική μετατόπιση. Παρά τα μερικώς αντικρουόμενα αποτελέσματα, οι έρευνες αυτές έδειξαν ότι οι εκτελεστικές λειτουργίες είναι μεν διακριτές αλλά αλληλένδετες μεταξύ τους. Ακόμα, δεδομένου του εύρους των ηλικιών των συμμετεχόντων, μέσα από τις έρευνες αυτές αναδείχθηκε ότι οι διακριτές εκτελεστικές λειτουργίες εμφανίζονται σε όλες τις ηλικιακές φάσεις, από την παιδική ως την ενήλικη ζωή του ατόμου (Garon et al., 2008).

1.2.2.1. Η Ανανέωση / Εργαζόμενη Μνήμη

Η εκτελεστική λειτουργία της εργαζόμενης μνήμης συναντάται στη βιβλιογραφία αρκετά συχνά και με τον όρο «Ανανέωση». Μελέτες έχουν δείξει ότι η εργαζόμενη μνήμη (working memory) και η ενημέρωση και η ανανέωση (updating) των αποθηκευμένων πληροφοριών αναφέρονται στην ίδια γνωστική ικανότητα του ατόμου (St Clair – Thompson & Gathercole, 2006). Η εργαζόμενη μνήμη ορίζεται ως η ικανότητα του ατόμου να συγκρατεί και ταυτόχρονα να επεξεργάζεται γνωστικά τις πληροφορίες για αρκετό χρονικό διάστημα. Σε κάποιο βαθμό συνδέεται με τη βραχύχρονη μνήμη, αλλά διαφοροποιείται από αυτή, καθώς η εκτελεστική λειτουργία της εργαζόμενης μνήμης δεν αφορά μόνο στην μνημονική αποθήκευση των πληροφοριών, αλλά ταυτόχρονα απαιτεί από το άτομο να χρησιμοποιεί αυτές τις πληροφορίες, να τις επεξεργάζεται και να τις ανατροφοδοτεί την ίδια στιγμή που συμμετέχει σε σύνθετα γνωστικά έργα (Gathercole, Alloway, Willis & Adams, 2006).

Η μέτρηση της εκτελεστικής αυτής λειτουργίας γίνεται με τη χρήση προφορικών τεστ που περιλαμβάνουν ψηφία ή γράμματα (Digit Span tests). Κατά τη χορήγησή τους, οι συμμετέχοντες ακούνε μια σειρά από ψηφία ή γράμματα και καλούνται να τα επαναλάβουν ακολουθώντας αρχικά τον ίδιο τρόπο και έπειτα με τον αντίστροφο. Αποτελεί μία γνωστικά απαιτητική δοκιμασία, καθώς δεν ελέγχεται μόνο η βραχύχρονη συγκράτηση των πληροφοριών, αλλά και η ανακωδικοποίησή τους (Jacob & Parkinson, 2015, Garon et al., 2008).

1.2.2.2. Ο Έλεγχος Αναστολής

Η εκτελεστική λειτουργία του ελέγχου αναστολής ορίζεται ως η ικανότητα του ατόμου να συγκρατεί τις αυτόματες σκέψεις, συμπεριφορές και παρορμήσεις του, επιδεικνύοντας ένα είδος αυτοελέγχου (Jacob & Parkinson, 2015). Η ικανότητα για αυτοέλεγχο αποτελεί μία διάσταση της συγκεκριμένης εκτελεστικής λειτουργίας, καθώς τα άτομα θα πρέπει να ελέγχουν τις παρορμητικές κινήσεις τους και να μη δρουν βεβιασμένα. Επιπρόσθετα, η συγκεκριμένη εκτελεστική λειτουργία αναφέρεται στην ικανότητα του ατόμου να ελέγχει και να συγκρατεί την προσοχή του για την ολοκλήρωση των έργων και την επίτευξη των στόχων του επιβάλλοντας πειθαρχία και αγνοώντας ερεθίσματα που πιθανόν διασπούν την προσοχή του (Diamond, 2014).

Οι δοκιμασίες που κατά κύριο λόγο χορηγούνται για τη μέτρηση της εκτελεστικής λειτουργίας της αναστολής αποτελούν ποικίλες εκδοχές του «Stroop

Color –Word test» (Stroop, 1935, στο Jacob & Parkinson, 2015). Οι δοκιμασίες αυτές περιλαμβάνουν μία σειρά από χρωματισμένες λέξεις που ονοματίζουν χρώματα. Το χρώμα με το οποίο είναι αποτυπωμένη η λέξη (κανόνας α) διαφέρει από το χρώμα που ονοματίζει η λέξη (κανόνας β). Οι συμμετέχοντες ολοκληρώνουν τις δοκιμασίες αυτές εφαρμόζοντας και τους δύο κανόνες (Garon et al., 2008).

1.2.2.3. Η Εναλλαγή / Γνωστική Ευελιξία

Η εκτελεστική λειτουργία της εναλλαγής ορίζεται ως η ικανότητα του ατόμου να μετακινεί με ευέλικτο τρόπο την προσοχή του ανάμεσα σε ποικίλα ερεθίσματα (Zelazo, Carter, Reznick & Frye, 1997). Η ικανότητα του ατόμου να επεξεργάζεται ταυτόχρονα ποικίλα ερεθίσματα συνδέεται με την ικανότητά του για γνωστική ευελιξία. Για τον λόγο αυτό, η εκτελεστική λειτουργία της εναλλαγής αναφέρεται στην ικανότητα για γνωστική ευελιξία. Η γνωστική ευελιξία ορίζεται ως η ικανότητα του ατόμου να αλλάζει τον τρόπο σκέψης του και να προσαρμόζει τη συμπεριφορά του απέναντι σε νέα ερεθίσματα ή σε απροσδόκητες αλλαγές. Οι ικανότητες αυτές απαιτούν μετατόπιση της προσοχής στα νέα δεδομένα και ισχυρό έλεγχο των αυθόρμητων, μη αποδεκτών πλέον, τρόπων σκέψης και συμπεριφοράς. Για τον λόγο αυτό, η εκτελεστική λειτουργία της γνωστικής ευελιξίας δομείται πάνω στις εκτελεστικές λειτουργίες της εργαζόμενης μνήμης και του ελέγχου αναστολής και η ανάπτυξής της έπεται αυτών (Diamond, 2014, Jacob & Parkinson, 2015, Garon et al., 2008).

Η μέτρηση της εκτελεστικής λειτουργίας της γνωστικής ευελιξίας γίνεται με δοκιμασίες που βασίζονται σε δύο βασικά εργαλεία μέτρησης το «Stroop Color – Word test» (Stroop, 1935, στο Jacob & Parkinson, 2015) και το «Wisconsin Card Sorting Task» (Grant & Berg, 1948). Ακόμα ένα εργαλείο αξιολόγησης της γνωστικής ευελιξίας είναι και το «Dimensional Change Card Sort» (Zelazo & Frye, 1997) το οποίο αποτελεί απλουστευμένη εκδοχή του Wisconsin Card Sorting Task». Το τελευταίο θεωρείται σύνθετο έργο των Εκτελεστικών Λειτουργιών, καθώς η επιτυχημένη ολοκλήρωσή του απαιτεί την ενεργοποίηση πολλών εκτελεστικών λειτουργιών. Ωστόσο στη βιβλιογραφία χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της γνωστικής ευελιξίας (Huizinga, Smidts & Ridderinkhof, 2014). Στα πλαίσια της δοκιμασίας αυτής, οι συμμετέχοντες θα πρέπει να ταξινομήσουν κάρτες σύμφωνα με δύο ή παραπάνω διαστάσεις (π.χ. σχήμα, χρώμα). Ο κανόνας ταξινόμησης αλλάζει

κατά τη διάρκεια της ταξινόμησης και έτσι οι συμμετέχοντες θα πρέπει να αλλάξουν τον τρόπο απόκρισής τους στη δοκιμασία ταξινομώντας τις κάρτες σύμφωνα με τον νέο κανόνα (Garon et al., 2008).

1. 3. Αξιολόγηση και μέτρηση των εκτελεστικών λειτουργιών

Όπως έχει ήδη αναφερθεί σε προηγούμενη ενότητα, δεν υπάρχει ξεκάθαρη εικόνα ως προς τη δομή των εκτελεστικών λειτουργιών. Τα αποτελέσματα που αφορούν το πόσες και ποιες είναι οι εκτελεστικές λειτουργίες είναι αντικρουόμενα μεταξύ τους. Σημαντικό ρόλο σε αυτό διαδραματίζουν τα είδη των δοκιμασιών που χορηγούνται για τη μέτρηση των εκτελεστικών λειτουργιών, καθώς αυτά είναι σύνθετα ως προς τη λειτουργία τους και η ολοκλήρωσή απαιτεί την ενεργοποίηση πολλών εκτελεστικών λειτουργιών. Έτσι, είναι δύσκολο να αποτιμηθεί εάν η επίδοση και τα λάθη σε κάθε εκτελεστικό έργο οφείλονται σε μία συγκεκριμένη εκτελεστική λειτουργία.

Από την άλλη πλευρά, καθώς οι ερευνητές ορίζουν με διαφορετικό τρόπο τις επιμέρους εκτελεστικές λειτουργίες, χορηγούν με διαφορετικό τρόπο τα εργαλεία μέτρησης αυτών. Με δεδομένο ότι τα κυριότερα εργαλεία των εκτελεστικών λειτουργιών ««Stroop Color –Word test», «Wisconsin Card Sorting Task», «Dimensional Change Card Sort», «Tower of Hanoi», «Tower of London» είναι πολύπλοκα και σύνθετα, παρατηρείται μέσα από έρευνες ότι χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση διαφορετικών εκτελεστικών λειτουργιών. Για παράδειγμα το «Wisconsin Card Sorting Task» από κάποιους ερευνητές χορηγείται για τη μέτρηση της εκτελεστικής λειτουργίας του ελέγχου αναστολής, ενώ από κάποιους άλλους για την αξιολόγηση της γνωστικής ευελιξίας. Στα ίδια πλαίσια, τα εργαλεία «Tower of Hanoi» και «Tower of London» περιγράφονται είτε ως εργαλεία μέτρησης της αναστολής, είτε της γνωστικής ευελιξίας, είτε του προγραμματισμού, είτε της επίλυσης προβλήματος (Garon et al., 2008, Jurado & Rosselli, 2007).

Τέλος, πρόβλημα για την αξιόπιστη μέτρηση των εκτελεστικών λειτουργιών δημιουργεί και το ότι για την ολοκλήρωση των εκτελεστικών έργων απαιτείται και η ενεργοποίηση άλλων γνωστικών ικανοτήτων, όπως είναι η ταχύτητα απόκρισης, η λεκτική ικανότητα και η νοητική ικανότητα, οι οποίες όμως δεν εντάσσονται κάτω από την ομπρέλα των εκτελεστικών λειτουργιών (Hughes & Graham, 2002).

Μέρος δεύτερο: Οι εκτελεστικές λειτουργίες στην εκπαίδευση

2.1. Εκτελεστικές λειτουργίες και μαθησιακά επιτεύγματα

Οι εκτελεστικές λειτουργίες, όπως έχει ήδη αναπτυχθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, αναφέρονται σε μία ομάδα γνωστικών ικανοτήτων που επιτρέπουν στο άτομο να προγραμματίζει, να σχεδιάζει και να προσαρμόζει τη συμπεριφορά του προς της επίτευξη ενός στόχου. Πιο αναλυτικά, οι εκτελεστικές λειτουργίες συνδέονται με την ικανότητα του ατόμου να ελέγχει τις αυθόρμητες και παρορμητικές αντιδράσεις του, να συγκεντρώνει την προσοχή του για την ολοκλήρωση ενός έργου αγνοώντας πιθανά ερεθίσματα που αποσπούν την προσοχή του, να συγκρατεί στη μνήμη του πληροφορίες και να τις αξιοποιεί όταν απαιτούνται, να σκέφτεται με ευέλικτο τρόπο, να οργανώνει και να προγραμματίζει τη συμπεριφορά του, να χρησιμοποιεί αφηρημένους συλλογισμούς και να επιλύει σύνθετα και καινούργια προβλήματα (Jacob & Parkinson, 2015). Μάλιστα, γνωστικές και συναισθηματικές δεξιότητες που συνδέονται με την ομαλή ενσωμάτωση και επιτυχή ολοκλήρωση της σχολικής ζωής του ατόμου εξαρτώνται σημαντικά από τις εκτελεστικές λειτουργίες (Blair, 2002). Επομένως, ότι οι εκτελεστικές λειτουργίες αναφέρονται σε ένα ευρύ φάσμα της ανθρώπινης συμπεριφοράς, αναδεικνύοντας με τον τρόπο αυτό τη σημαντικότητά τους.

Μέσα στα πλαίσια αυτά, έχουν αναπτυχθεί αρκετές έρευνες που μελετούν το ρόλο των εκτελεστικών λειτουργιών στη σχολική επιτυχία και τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών. Με βάση τις έρευνες αυτές, οι εκτελεστικές λειτουργίες αναπτύσσονται σημαντικά κατά τη σχολική ζωή του ατόμου, στη διάρκεια της οποίας οι μαθητές συμμετέχουν σε ένα οργανωμένο, οριοθετημένο και απαιτητικό μαθησιακό περιβάλλον (Fuhs et al., 2014, Welsh, Nix, Blair, Bierman & Nelson, 2010, Duncan et al., 2007). Ταυτόχρονα, οι εκτελεστικές λειτουργίες προωθούν τη μαθησιακή διαδικασία, καθώς επιτρέπουν την ανάπτυξη συμπεριφορών και ικανοτήτων, που θεωρούνται σημαντικές για την κατάκτηση της μάθησης (Blair & Diamond, 2008, Anghel, 2010).

Επιπλέον, οι εκτελεστικές λειτουργίες φαίνεται να συνδέονται με την ομαλή προσαρμογή του μαθητή στο σχολικό του περιβάλλον και με την επίτευξη υψηλών μαθησιακών αποτελεσμάτων (Bull & Scerif, 2001, Blair & Razza, 2007, Cantin et al., 2016, Best, Miller & Naglieri, 2011, Neuenschwander, Rothlisberger, Cimeli & Roebbers, 2012). Ειδικότερα, οι γνωστικές και μεταγνωστικές ικανότητες που

εντάσσονται στην ομπρέλα των εκτελεστικών λειτουργιών σχετίζονται σημαντικά και προβλέπουν τις επιδόσεις των μαθητών στους τομείς της ανάγνωσης, της γραφής και των μαθηματικών. Μάλιστα, φαίνεται ότι κάθε επιμέρους εκτελεστική λειτουργία σχετίζεται με διαφορετικό τρόπο με τη μαθηματική και γλωσσική ικανότητα των μαθητών (Jacob & Parkinson, 2015, Latzman, Elkovitch, Young & Clark, 2010).

Αναλυτικότερα, όσον αφορά στον τομέα της αναγνωστικής κατανόησης έχει αναπτυχθεί ένα πλήθος ερευνών που αναδεικνύει τη σημαντική συμβολή των εκτελεστικών λειτουργιών στην κατάκτηση της συγκεκριμένης ικανότητας. Ταυτόχρονα μέσα από τις έρευνες αυτές επισημαίνεται ότι οι διαφορετικές εκτελεστικές λειτουργίες σχετίζονται και προβλέπουν με διαφορετικό τρόπο την επιτυχή κατάκτηση της μαθησιακής αυτής ικανότητας (Nouwens, Groen & Verhoeven, 2016, Cantin et al., 2016).

Για παράδειγμα, στα πλαίσια της έρευνας στην οποία μελετήθηκε η συμβολή των εκτελεστικών λειτουργιών της εργαζόμενης μνήμης, του ελέγχου αναστολής, της γνωστικής ευελιξίας και του προγραμματισμού στην αναγνωστική κατανόηση των μαθητών δημοτικού σχολείου, φάνηκε ότι η αναγνωστική ικανότητα των μαθητών σχετίζεται σημαντικά και προβλέπεται από τις εκτελεστικές λειτουργίες της εργαζόμενης μνήμης και της γνωστικής ευελιξίας. Μάλιστα, η συμβολή της γνωστικής ευελιξίας στην ικανότητα των μαθητών για αναγνωστική κατανόηση είναι τόσο άμεση όσο και έμμεση, μέσω της εργαζόμενης μνήμης. Αντίθετα, η συμβολή του ελέγχου αναστολής στην αναγνωστική κατανόηση είναι μόνο έμμεση, μέσω της εργαζόμενης μνήμης. Τέλος, η εκτελεστική λειτουργία του προγραμματισμού δε φαίνεται να σχετίζεται με την αναγνωστική κατανόηση στη συγκεκριμένη έρευνα (Nouwen et al., 2016). Το εύρημα αυτό βρίσκεται σε αντίθεση με προηγούμενες έρευνες, στις οποίες αναδεικνύεται η σημαντική σχέση ανάμεσα στην εκτελεστική λειτουργία του προγραμματισμού και της αναγνωστικής κατανόησης (Cutting et al., 2009, Locascio et al., 2010, Sesma et al., 2009 στο Nouwens et al., 2016).

Παρόμοια έρευνα έδειξε ότι οι εκτελεστικές λειτουργίες του ελέγχου αναστολής και της γνωστικής ευελιξίας εμφανίζονται ως προβλεπτικοί παράγοντες της αναγνωστικής κατανόησης (Kieffer, Vukovic & Berry, 2013). Ιδιαίτερα όσον αφορά στη σημαντική συμβολή της γνωστικής ευελιξίας στην κατάκτηση της συγκεκριμένης ικανότητας, αναδεικνύεται μέσα από τις εργασίες της Cartwright (2002, 2006 ότι η εκπαίδευση των μαθητών πάνω σε εξειδικευμένες με την ανάγνωση

ικανότητες γνωστικής ευελιξίας βελτιώνει τις επιδόσεις τους στην αναγνωστική κατανόηση. Η σημαντική αυτή σχέση ερμηνεύεται από το γεγονός ότι η ικανότητα για γνωστική ευελιξία επιτρέπει στον μαθητή να συνδυάζει τις διαφορετικές αναπαραστάσεις, ορθογραφικές, φωνολογικές και σημαντικές, με τις οποίες παρουσιάζεται ο γραπτός λόγος, προκειμένου να προσδώσει νόημα σε αυτόν (Cartwright, 2002). Ωστόσο, η κατάκτηση της ικανότητας για αναγνωστική κατανόηση εξαρτάται σημαντικά και από την εκτελεστική λειτουργία της εργαζόμενης μνήμης, καθώς είναι αυτή η γνωστική λειτουργία που επιτρέπει στους μαθητές να συγκρατούν στο μυαλό τους πληροφορίες και ταυτόχρονα τις να επεξεργάζονται και να τις συνδυάζουν με άλλες για την απόδοση νοήματος στο υπό ανάγνωση κείμενο (Cantin et al., 2016).

Η σχέση ανάμεσα στην εκτελεστική λειτουργία του ελέγχου αναστολής και της αναγνωστικής κατανόησης δεν έχει εκτενώς μελετηθεί σε αντίθεση με τις εκτελεστικές λειτουργίες της εργαζόμενης μνήμης και της γνωστικής ευελιξίας. Ωστόσο, έρευνες έχουν δείξει της υπόστασή της, η οποία ερμηνεύεται από το γεγονός ότι η συγκεκριμένη εκτελεστική λειτουργία επιτρέπει στους μαθητές να παραμένουν συγκεντρωμένοι στην ανάγνωση του κειμένου και ταυτόχρονα να αγνοούν ερεθίσματα που τους εμποδίζουν από την επιτυχή ολοκλήρωση του έργου τους (Altemeier, Abbott & Berninger, 2008).

Η συμβολή των εκτελεστικών λειτουργιών στα μαθησιακά επιτεύγματα έχει μελετηθεί και μέσα από το χώρο του γραπτού λόγου, σε μικρότερο βαθμό σε σχέση με τον τομέα της αναγνωστικής κατανόησης. Πιο συγκεκριμένα, φαίνεται ότι οι εκτελεστικές λειτουργίες της εργαζόμενης μνήμης και του ελέγχου αναστολής προβλέπουν σημαντικά τις επιδόσεις των μαθητών σε έργα παραγωγής γραπτού λόγου (Altemeier, Jones, Abbott & Berninger, 2006, Drijbooms, Groen & Verhoeven, 2015).

Μελετώντας, ωστόσο, τα αποτελέσματα των ερευνών που έχουν εκπονηθεί για τη μελέτη της σχέσης των εκτελεστικών λειτουργιών με τις ακαδημαϊκές επιδόσεις των μαθητών, επισημαίνεται ιδιαίτερα ότι οι εκτελεστικές λειτουργίες σχετίζονται σε σημαντικότερο βαθμό με τις μαθηματικές ικανότητες (Clements, Samara & Germeroth, 2016, Brock et al., 2009, Bull & Scerif, 2001, St. Clair – Thompson & Gathercole, 2006). Η στενότερη σχέση που αναπτύσσεται με την κατάκτηση της μαθηματικής ικανότητας εξηγείται από το γεγονός ότι η επίλυση

μαθηματικών έργων και κυρίως σύνθετων μαθηματικών προβλημάτων στηρίζεται σε γνωστικές και μεταγνωστικές ικανότητες ανωτέρου επιπέδου, όπως είναι οι εκτελεστικές λειτουργίες (Agostino, Johnson & Pascual – Leone, 2010, Fuhs, Nesbitt, Farran & Dong, 2014). Οι μαθηματικές ικανότητες και έννοιες είναι σύνθετες ως προς τη δομή τους, συνεχίζουν να χτίζονται και να δομούνται με την απόκτηση ολοένα και περισσότερων μαθηματικών γνώσεων. Αυτό καθιστά το μάθημα των Μαθηματικών ένα σύνθετο γνωστικό αντικείμενο, που δεν είναι στατικό, αλλά εξελίσσεται ως προς την πολυπλοκότητά του και απαιτεί γνωστικές και μεταγνωστικές ικανότητες και ικανότητες επίλυσης προβλημάτων. Αντίθετα, η επίδοση των μαθητών σε έργα αναγνωστικής κατανόησης και παραγωγής γραπτού λόγου απαιτεί κυρίως την ενεργοποίηση αυτοματοποιημένων γνωστικών διαδικασιών (Fuhs et al., 2014).

Ενδεικτική είναι η έρευνα του Brock και των συνεργατών του (2009), στα πλαίσια της οποίας μελετήθηκε η σχέση των εκτελεστικών λειτουργιών με τις αναγνωστικές και μαθηματικές επιδόσεις των μαθητών. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής έδειξαν ότι οι εκτελεστικές λειτουργίες όχι μόνο σχετίζονται σημαντικά αλλά αποτελούν προβλεπτικό δείκτη των επιδόσεων των μαθητών στα μαθηματικά, ενώ το ίδιο δεν ισχύει για τις αναγνωστικές τους επιδόσεις. Παρόμοια έρευνα μελέτησε τη συμβολή των εκτελεστικών λειτουργιών της εργαζόμενης μνήμης, του ελέγχου αναστολής και της γνωστικής ευελιξίας στην επίλυση μαθηματικών προβλημάτων σε μαθητές σχολικής ηλικίας (Agostino, Johnson & Pascual – Leone, 2010). Με βάση τα ευρήματα της έρευνας αυτής, οι εκτελεστικές λειτουργίες σχετίζονται σημαντικά με την ικανότητα των μαθητών να επιλύουν μαθηματικά προβλήματα, ακόμα κι όταν αφαιρείται η επίδραση των αναγνωστικών ικανοτήτων τους.

Η σχέση ανάμεσα στις εκτελεστικές λειτουργίες και τις μαθηματικές επιδόσεις επιβεβαιώνεται κι από άλλες έρευνες, οι οποίες δείχνουν ότι οι επιδόσεις παιδιών προσχολικής ηλικίας σε δοκιμασίες των εκτελεστικών λειτουργιών προβλέπουν τις επιδόσεις τους στο μάθημα των Μαθηματικών κατά τη σχολική ηλικία (Duncan et al., 2007, Welsch et al., 2010). Μάλιστα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα μακροχρόνιας έρευνας, οι εκτελεστικές λειτουργίες παιδιών ηλικίας 4 χρόνων προβλέπουν τις μαθηματικές επιδόσεις τους σε ηλικία 6 χρόνων, ακόμα κι όταν έχει αφαιρεθεί η επίδραση της αναγνωστικής τους ικανότητας. Η έρευνα αυτή ακόμα αναδεικνύει ότι

οι εκτελεστικές λειτουργίες σχετίζονται σε μεγαλύτερο βαθμό με τις μαθηματικές από τις γλωσσικές ικανότητες των μαθητών (Clark, Pritchard & Woodward, 2010).

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι η μαθηματική ικανότητα αποτελεί μία σύνθετη ικανότητα που συγκροτείται από επιμέρους ικανότητες, ανάμεσα στις οποίες συγκαταλέγεται η ικανότητα του ατόμου να εκτελεί μαθηματικές πράξεις, να διατυπώνει και να επιλύει σύνθετα μαθηματικά προβλήματα, καθώς και να κατανοεί και να χρησιμοποιεί τον μαθηματικό συλλογισμό (Κολέζα, 2009). Σύγχρονες έρευνες δείχνουν ότι οι εκτελεστικές λειτουργίες υποστηρίζουν σε διαφορετικό βαθμό την κατάκτηση των επιμέρους μαθηματικών ικανοτήτων (van der Ven, 2011). Πιο συγκεκριμένα, οι εκτελεστικές λειτουργίες φαίνεται να συνδέονται περισσότερο με την κατάκτηση των σύνθετων μαθηματικών ικανοτήτων, όπως είναι η επίλυση μαθηματικών προβλημάτων, και λιγότερο με την εκτέλεση των μαθηματικών πράξεων. Αυτό συμβαίνει διότι η ανάπτυξη των σύνθετων μαθηματικών ικανοτήτων στηρίζεται σε ανώτερες γνωστικές και μεταγνωστικές ικανότητες (Fuhs, Geary, Compton, Fuhs, Hamlett & Bryant, 2010, Powell & Fuhs, 2014, Best, Miller & Naglieri, 2011, Jogi & Kikas, 2016).

Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι διαφορές δεν παρατηρούνται μόνο στη σχέση των εκτελεστικών λειτουργιών με τις επιμέρους μαθηματικές ικανότητες, αλλά και στον τρόπο που κάθε εκτελεστική λειτουργία (εργαζόμενη μνήμη, έλεγχος αναστολής, γνωστική ευελιξία) συμβάλλει στην κατάκτηση της μαθηματικής ικανότητας (Cragg & Gilmore, 2014).

Αρκετές έρευνες επισημαίνουν ότι η εκτελεστική λειτουργία της εργαζόμενης μνήμης διαδραματίζει τον σημαντικότερο ρόλο για την επιτυχή ολοκλήρωση μαθηματικών έργων (Andesson, 2007, Monette, Birgas & Guay, 2011, van der Ven, Kroesbergen, Boom & Leseman, 2012, Passolunghi & Pazzaglia, 2005). Αυτό συμβαίνει διότι η συγκεκριμένη εκτελεστική λειτουργία επιτρέπει στους μαθητές να συγκρατούν στη μνήμη τους και ταυτόχρονα να επεξεργάζονται πληροφορίες που είναι σημαντικές για την επίλυση αριθμητικών πράξεων και μαθηματικών προβλημάτων (Swanson & Kim, 2007).

Τα ευρήματα για τη σημαντική συμβολή της εργαζόμενης μνήμης στην κατάκτηση της μαθηματικής ικανότητας απορρέουν από έρευνες τόσο σε μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες, όσο και σε μαθητές τυπικής ανάπτυξης. Σύμφωνα με τις πρώτες, δυσκολίες στα μαθηματικά έργα συνδέονται στενά με φτωχή εργαζόμενη

μνήμη (Passolunghi & Siegel, 2004, Swanson & Sachse-Lee, 2001), ενώ σύμφωνα με τις δευτερές, η εργαζόμενη μνήμη φαίνεται ως ο παράγοντας εκείνος που διαφοροποιεί τις μαθηματικές επιδόσεις των μαθητών τυπικής ανάπτυξης (Bull & Scerif, 2001, Swanson & Kim, 2007). Επιπλέον, η στενή σχέση της εργαζόμενης μνήμης με τις μαθηματικές επιδόσεις φαίνεται να είναι ισχυρή και σε βάθος χρόνου, σύμφωνα με μακροχρόνιες έρευνες (Geary, 2011, Passolunghi & Lafranchi, 2012).

Από την άλλη πλευρά, άλλες έρευνες υπερτονίζουν τη συμβολή της εκτελεστικής λειτουργίας του ελέγχου αναστολής στην επίλυση μαθηματικών πράξεων και προβλημάτων (Bull & Lee, 2014, Blair & Razza, 2007). Σύμφωνα, μάλιστα, με την έρευνα των Bull & Scerif (2001), αδυναμίες των μαθητών σε έργα του ελέγχου αναστολής συνδέονται με μαθηματικές δυσκολίες.

Όσον αφορά στην εκτελεστική λειτουργία της γνωστικής ευελιξίας, για την οποία, ωστόσο, δεν υπάρχουν επαρκή ερευνητικά δεδομένα (Bull & Lee, 2014), αυτή φαίνεται να συνδέεται σημαντικά με τις επιδόσεις των μαθητών στα μαθηματικά έργα. Η γνωστική ευελιξία συνδέεται τόσο με την ικανότητα επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων, καθώς επιτρέπει στους μαθητές να εφαρμόσουν διαφορετικές στρατηγικές προσέγγισης και επίλυσης των προβλημάτων (Yeniad, Malda, Mesman, Ijzendoorn & Pieper, 2013, Cantin et al., 2016), όσο και με την ικανότητα των μαθητών να κατανοούν, να ερμηνεύουν, ακόμα και να αναπαριστούν με μοντέλα (οπτικές αναπαραστάσεις) τις μαθηματικές έννοιες και τις μεταξύ τους σχέσεις που περιλαμβάνει ένα μαθηματικό πρόβλημα (Bock et al., 2015, Duan et al., 2010). Επιπρόσθετα, η ικανότητα του ατόμου να σκέφτεται και να εφαρμόζει εναλλακτικές στρατηγικές κρίνεται σημαντικότερη σε σύνθετα μαθηματικά έργα, όπως είναι η επίλυση σύνθετων μαθηματικών προβλημάτων, κι όχι σε πιο απλά έργα, όπως είναι οι αριθμητικές πράξεις (Bull et al., 2008).

Για τη μελέτη του ρόλου που διαδραματίζει καθεμία από τις τρεις εκτελεστικές λειτουργίες της εργαζόμενης μνήμης, του ελέγχου αναστολής και της γνωστικής ευελιξίας αξίζει να επισημανθεί η έρευνα των St Clair –Thompson & Cathercole (2006). Με βάση τα ευρήματα της συγκεκριμένης έρευνας προκύπτουν δύο βασικά συμπεράσματα. Για τη μελέτη των εκτελεστικών λειτουργιών ως διακριτών γνωστικών ικανοτήτων, αρχικά, αναδείχτηκαν ως διακριτές εκτελεστικές λειτουργίες μόνο η εργαζόμενη μνήμη και ο έλεγχος αναστολής. Το εύρημα αυτό έρχεται σε αντίθεση με το ευρέως αποδεκτό μοντέλο του Miyake και των συνεργατών

του (2000), καθώς η γνωστική ευελιξία δεν φαίνεται να αποτελεί μία διακριτή εκτελεστική λειτουργία, αλλά αποτελεί χαρακτηριστικό των δύο προηγούμενων εκτελεστικών λειτουργιών. Επιπρόσθετα, φάνηκε ότι οι δύο εκτελεστικές λειτουργίες της εργαζόμενης μνήμης και του ελέγχου αναστολής σχετίζονται σημαντικά με τις μαθηματικές επιδόσεις των μαθητών.

Οι Mazzocco & Kover (2007) πραγματοποιώντας μακροχρόνια έρευνα σε μαθητές ηλικίας 6-10 ετών, συμπέραναν ότι υψηλές επιδόσεις των μαθητών σε έργα εκτελεστικών λειτουργιών ενισχύουν τις μαθηματικές τους επιδόσεις και επιτρέπουν την ανάπτυξη της ικανότητας για αφηρημένη μαθηματική σκέψη. Ωστόσο παρατήρησαν ότι οι εκτελεστικές λειτουργίες δεν συνδέονται με όλες τις μαθηματικές ικανότητες και ούτε στον ίδιο βαθμό. Ο ρόλος των εκτελεστικών λειτουργιών στην ανάπτυξη των επιμέρους μαθηματικών ικανοτήτων είναι δυναμικός και αλλάζει ανάλογα με τα επίπεδα και την πολυπλοκότητα αυτών. Ειδικότερα, η εργαζόμενη μνήμη είναι ιδιαίτερα σημαντική κατά τα πρώτα στάδια των μαθηματικών ικανοτήτων, στα οποία ο μαθητής πρέπει να απομνημονεύσει τις μαθηματικές διαδικασίες και τον τρόπο που αυτές συντελούνται (πρόσθεση, αφαίρεση, προπαίδεια). Αντίθετα, ο ρόλος των εκτελεστικών λειτουργιών του ελέγχου αναστολής και της γνωστικής ευελιξίας κρίνεται πιο σημαντικός στις πιο σύνθετες μαθηματικές ικανότητες, όπως είναι η ικανότητα για μαθηματικό συλλογισμό και επίλυση μαθηματικών προβλημάτων, η κατάκτηση των οποίων δεν βασίζεται μόνο στην απομνημόνευση και ανάκληση των αυτοματοποιημένων διαδικασιών, αλλά απαιτεί την εφαρμογή ανώτερων γνωστικών ικανοτήτων και στρατηγικών (van der Ven, 2011).

2.2. Η αμφίδρομη σχέση εκτελεστικών λειτουργιών και μαθησιακών επιτευγμάτων

Οι εκτελεστικές λειτουργίες και τα μαθησιακά επιτεύγματα των παιδιών φαίνεται ότι παρουσιάζουν κοινή αναπτυξιακή πρόοδο. Μαθητές με σημαντικές ως προς την ηλικία τους γνωστικές ικανότητες σημειώνουν υψηλά μαθησιακά επιτεύγματα, όπως παρουσιάστηκε αναλυτικά σε προηγούμενη ενότητα. Και αντίστροφα, μαθητές που σημειώνουν υψηλές μαθησιακές επιδόσεις τείνουν να συμμετέχουν και να ολοκληρώνουν απαιτητικές εργασίες ενισχύοντας με τον τρόπο αυτό τις γνωστικές τους ικανότητες (Fuhs et al., 2014). Ωστόσο, οι περισσότερες

έρευνες που αναπτύσσονται στον τομέα αυτό δεν προχωρούν στη μελέτη της αμφίδρομης σχέσης που πιθανόν αναπτύσσεται ανάμεσα στις εκτελεστικές λειτουργίες και τα μαθησιακά επιτεύγματα. Επιπρόσθετα, καθώς οι έρευνες αυτές είναι συσχετιστικές και όχι αιτιακές, δεν μελετούν πιθανή αιτιακή σχέση ανάμεσα στις εκτελεστικές λειτουργίες και τις σχολικές επιδόσεις, ώστε να αναδειχθεί ποιος παράγοντας είναι η αιτία και ποιος είναι το αποτέλεσμα. Αντίθετα, οι σχέσεις των δύο αυτών παραγόντων, που φανερώνονται μέσα από τις συσχετιστικές μελέτες, είναι αμφίπλευρες, ρέουν δηλαδή και προς τις δύο πλευρές. Αυτό σημαίνει ότι κατακτήσεις στις εκτελεστικές λειτουργίες επιτρέπουν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα, αλλά και το αντίστροφο (Clements & Sarama, 2011).

Στα πλαίσια μελέτης της αμφίδρομης σχέσης που αναπτύσσεται ανάμεσα στις εκτελεστικές λειτουργίες και τα μαθησιακά επιτεύγματα, είναι χαρακτηριστική η εργασία των Welsh et al. (2010). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα αυτής, οι εκτελεστικές λειτουργίες συνδέονται με τις μαθηματικές και γλωσσικές επιδόσεις των μαθητών, ενώ παράλληλα η σχέση αυτή φαίνεται να είναι αμφίδρομη μόνο για τις μαθηματικές επιδόσεις. Οι μαθηματικές επιδόσεις των μαθητών εμφανίζονται ως προβλεπτικός παράγοντας για την ανάπτυξη των εκτελεστικών ικανοτήτων τους (Welsh et al. 2010). Η αμφίδρομη σχέση που αναπτύσσεται μόνο ανάμεσα στις εκτελεστικές λειτουργίες και τις μαθηματικές επιδόσεις των μαθητών προκύπτει και μέσα από άλλες έρευνες. Στην έρευνα των Fuhs et al. (2014), μέσα από την οποία μελετήθηκε η σχέση ανάμεσα στις εκτελεστικές λειτουργίες και τις μαθηματικές επιδόσεις από τη μία πλευρά και τις γλωσσικές επιδόσεις από την άλλη, αμφίδρομη σχέση αναδείχτηκε μόνο για τον τομέα των μαθηματικών και του προφορικού λόγου, ενώ σύμφωνα με τη μακροχρόνια έρευνα των Van der Ven et al., (2012) οι εκτελεστικές λειτουργίες και οι μαθησιακές επιδόσεις των παιδιών επηρεάζουν το ένα το άλλο.

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ότι αφενός οι εκτελεστικές λειτουργίες επιτρέπουν την ομαλή προσαρμογή και την επιτυχία των μαθητών μέσα στο σχολικό τους περιβάλλον, αφετέρου η συμμετοχή των μαθητών σε οργανωμένες και απαιτητικές σχολικές δραστηριότητες και η επίτευξη σημαντικών μαθησιακών αποτελεσμάτων ενισχύουν σημαντικά τις γνωστικές τους ικανότητες. Έτσι, η αλληλεξάρτηση των εκτελεστικών λειτουργιών και των μαθησιακών επιτευγμάτων ανοίγει τον δρόμο για τη δημιουργία εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων και

προγραμμάτων κατάλληλων για την ενίσχυση των εκτελεστικών λειτουργιών μέσα στον σχολικό χώρο.

2.3. Η καλλιέργεια των εκτελεστικών λειτουργιών

Λαμβάνοντας υπόψη τη σημαντικότητα των εκτελεστικών λειτουργιών για τη σχολική επιτυχία των μαθητών, ενδιαφέρον παρουσιάζει το ερώτημα εάν και πώς οι εκτελεστικές λειτουργίες μπορούν να ενισχυθούν μέσα από τον χώρο της εκπαίδευσης. Η απάντηση στο παραπάνω ερώτημα είναι σημαντική ιδιαίτερα για τις πρώτες εκπαιδευτικές βαθμίδες, καθώς οι εκτελεστικές λειτουργίες παρουσιάζουν σημαντική αναπτυξιακή ωρίμανση κυρίως στα παιδικά χρόνια ζωής του ατόμου (Zelazo & Carlson, 2012).

Η έρευνα πάνω στη δυνατότητα ανάπτυξης των εκτελεστικών λειτουργιών δίνει αμφίσημα αποτελέσματα. Σύμφωνα με τις νευροβιολογικές μελέτες, οι εκτελεστικές λειτουργίες αναπτύσσονται ραγδαία κατά τη διάρκεια της ζωής του ατόμου, ενώ παράλληλα οι πιο σύνθετες εκτελεστικές λειτουργίες παρουσιάζουν σημαντική αναπτυξιακή ωρίμανση ακόμα και κατά την ενηλικίωσή του. Η δυναμική φύση των εκτελεστικών λειτουργιών θέτει τη βάση για την ανάπτυξη δράσεων που σκοπό έχουν την περαιτέρω ανάπτυξή τους (Garon et al., 2008).

Υπέρ της δυνατότητας καλλιέργειας των εκτελεστικών λειτουργιών συνηγορούν και τα ευρήματα που έρχονται από τις εκπαιδευτικές παρεμβάσεις που έχουν αναπτυχθεί. Ανατρέχοντας στη βιβλιογραφία, υπάρχει κοινή αντίληψη ότι οι εκτελεστικές λειτουργίες είναι δυνατόν να καλλιεργηθούν μέσα από ειδικά εκπαιδευτικά προγράμματα, τα οποία μπορούν να υλοποιηθούν μέσα στον σχολικό χώρο συμπληρώνοντας το τρέχον αναλυτικό πρόγραμμα (Diamond, Barnett, Thomas & Munro, 2007, Diamond & Lee, 2011, Diamond, 2014, Meltzer, 2010, Rothlisberger, Neuenschwander, Cimeli, Michel & Roebbers, 2012, Dias & Seabra, 2015, Dias & Seabra, 2017).

Από την άλλη πλευρά, όμως, υπάρχουν έρευνες που δεν συμφωνούν με τη δυνατότητα περαιτέρω ανάπτυξης των εκτελεστικών λειτουργιών (Poulose, 2012). Χαρακτηριστικό των αμφίσημων αποτελεσμάτων πάνω στο συγκεκριμένο θέμα, είναι το γεγονός ότι διαφορετικές έρευνες που αξιολογούν την ανάπτυξη των εκτελεστικών λειτουργιών μέσα από το ίδιο εκπαιδευτικό πρόγραμμα «Εργαλεία του Νου» («Tools of the Mind») δίνουν αντίθετα αποτελέσματα. Σύμφωνα με τους Diamond et al.,

(2007) και τους Barnett et al. (2008), μέσα από το συγκεκριμένο εκπαιδευτικό πρόγραμμα προσχολικής ηλικίας οι μαθητές μπορούν να βελτιώσουν τις εκτελεστικές τους λειτουργίες, ενώ, αντίθετα, σύμφωνα με τους Wilson & Farran (2012) και τους Farran & Wilson (2014), το συγκεκριμένο πρόγραμμα δεν επηρεάζει σημαντικά την ενίσχυση των εκτελεστικών λειτουργιών των μαθητών. Ενδιαφέρον παρουσιάζει ακόμα μία έρευνα, σύμφωνα με την οποία, η συμμετοχή των παιδιών σε εκπαιδευτικές παρεμβάσεις με σκοπό την ενίσχυση των εκτελεστικών τους λειτουργιών, δεν αποφέρει σημαντικές βελτιώσεις σε αυτές, ωστόσο, όμως, ενισχύει τις γλωσσικές και μαθηματικές τους επιδόσεις (Hermida, Segretin, Prats, Fracchia, Colombo & Lipina, 2015).

Παρά το γεγονός ότι οι έρευνες που μελετούν τη δυνατότητα καλλιέργειας των εκτελεστικών λειτουργιών δε δίνουν ξεκάθαρα αποτελέσματα, η ανάπτυξη εκπαιδευτικών προγραμμάτων και παρεμβάσεων που θέτουν ως στόχο τους την ενίσχυση των ανώτερων αυτών γνωστικών ικανοτήτων προσελκύει ολοένα και περισσότερο το ενδιαφέρον των εκπαιδευτικών.

2.3.1. Η καλλιέργεια των εκτελεστικών λειτουργιών στην εκπαίδευση

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί αρκετές προσπάθειες για την ενίσχυση των εκτελεστικών λειτουργιών μέσα από διαφορετικά περιβάλλοντα. Στη βιβλιογραφία εμφανίζονται τρεις κατηγορίες παρεμβάσεων: α} παρεμβάσεις μέσα από ειδικά λογισμικά, β} παρεμβάσεις που βασίζονται στη διδασκαλία μεταγνωστικών στρατηγικών και γ} εκπαιδευτικά προγράμματα/εκπαιδευτικές παρεμβάσεις (Otero, Barker & Naglieri, 2014, Clements, Sarama & Germeroth, 2016). Ανεξαρτήτως, όμως, του είδους της παρέμβασης που υλοποιείται, προκύπτουν τα παρακάτω κύρια συμπεράσματα (Diamond, 2012):

1. Οι μαθητές που χρειάζονται μεγαλύτερη βελτίωση επωφελούνται περισσότερο από τις παρεμβάσεις αυτές.
2. Τα αποτελέσματα από την εκπαίδευση των μαθητών στις εκτελεστικές λειτουργίες είναι στενά με την έννοια ότι αφορούν τη συγκεκριμένη εκτελεστική λειτουργία, πάνω στην οποία εξασκούνται οι μαθητές, και δεν επεκτείνονται στις υπόλοιπες λειτουργίες.

3. Η εκπαίδευση για τις εκτελεστικές λειτουργίες θα πρέπει να είναι αυξανόμενη δυσκολίας και οι γνωστικές απαιτήσεις θα πρέπει σταδιακά να αυξάνονται.

4. Η επαναλαμβανόμενη άσκηση είναι ιδιαίτερα σημαντική.

5. Η αποτελεσματικότητα της εκπαίδευσης πάνω στις εκτελεστικές λειτουργίες εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο υλοποιούνται οι δραστηριότητες της παρέμβασης.

6. Τα εργαλεία που αξιολογούν τα αποτελέσματα της εκπαίδευσης θα πρέπει να μετρούν και τα όρια των ικανοτήτων των παιδιών ώστε να μελετηθεί εάν υπάρχει βελτίωση στις εκτελεστικές λειτουργίες μετά την εκπαίδευση.

Επιπλέον, κατά τη φάση σχεδιασμού ενός προγράμματος εκπαίδευσης των μαθητών πάνω στις εκτελεστικές λειτουργίες θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ηλικία των μαθητών. Όπως έχει ήδη επισημανθεί, οι εκτελεστικές λειτουργίες και η ανάπτυξη του εγκεφάλου παρουσιάζουν κοινή αναπτυξιακή τροχιά. Αυτό σημαίνει ότι σε συγκεκριμένες ηλικιακές περιόδους αναπτύσσονται συγκεκριμένες εκτελεστικές λειτουργίες. Για τον λόγο αυτό, οι παρεμβάσεις που σχεδιάζονται με σκοπό την ενίσχυση των εκτελεστικών λειτουργιών θα πρέπει να συμβαδίζουν με την κατάλληλη ηλικία των μαθητών. Με δεδομένο, λοιπόν, ότι οι εκτελεστικές λειτουργίες αναπτύσσονται ραγδαία κατά τα πρώτα παιδικά χρόνια, γίνεται κατανοητός ο λόγος για τον οποίο έχουν αναπτυχθεί πολλά εκπαιδευτικά προγράμματα για τις εκτελεστικές λειτουργίες που αφορούν παιδιά προσχολικής ηλικίας (Diamond, 2012, Diamond & Lee, 2011). Επιπλέον, στα πλαίσια σχεδιασμού τέτοιων εκπαιδευτικών παρεμβάσεων, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η ανάπτυξη των ανώτερων εκτελεστικών λειτουργιών συντελείται κυρίως την περίοδο της εφηβικής ζωής του ατόμου και στηρίζεται πάνω στις κατώτερου επιπέδου εκτελεστικές λειτουργίες, ενώ θα πρέπει ακόμα να προσεχθεί το προφίλ των μαθητών, καθώς συγκεκριμένες αναπτυξιακές διαταραχές φαίνεται να συνδέονται με δυσλειτουργίες σε συγκεκριμένες εκτελεστικές λειτουργίες (Otero et al., 2014).

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας θα παρουσιαστούν σύντομα δύο είδη προσπαθειών για την εκπαίδευση των μαθητών πάνω στις εκτελεστικές λειτουργίες, τα οποία έχουν άμεση εφαρμογή στον χώρο της εκπαίδευσης. Αυτά είναι η διδασκαλία στρατηγικών και τα εκπαιδευτικά προγράμματα/εκπαιδευτικές παρεμβάσεις.

2.3.1.1. Διδασκαλία στρατηγικών για την καλλιέργεια των εκτελεστικών λειτουργιών στην εκπαίδευση

Σύμφωνα με τη Luke (2006, στο Otero et al., 2014), η διδασκαλία στρατηγικών εντάσσεται στις μαθητο-κεντρικές μορφές διδασκαλίας και παρέχει στους μαθητές εφόδια και τεχνικές που θεωρούνται κρίσιμα για τη βαθύτερη κατάκτηση της γνώσης και τη μάθηση νέων δεξιοτήτων. Στα πλαίσια εφαρμογής αυτού του είδους της παρέμβασης, οι μαθητές διδάσκονται μεταγνωστικές στρατηγικές και συγκεκριμένες εκτελεστικές λειτουργίες, ενώ παράλληλα κινητροδοτούνται ώστε να τις χρησιμοποιούν αποτελεσματικά σε ποικίλα μαθησιακά περιβάλλοντα (Meltzer, Pollica, Barzillai & Meltzer 2007). Η μέθοδος αυτή εντάσσεται μέσα στο σχολικό πρόγραμμα, ενώ παράλληλα εμπλουτίζει τη μαθησιακή διαδικασία. Οι μαθητές μέσα από γνωστικά απαιτητικές δραστηριότητες μαθαίνουν πότε και με ποιον τρόπο μπορούν να εφαρμόζουν μεταγνωστικές στρατηγικές, ώστε να ολοκληρώσουν τις δραστηριότητές τους. Η διδασκαλία στρατηγικών θεωρείται μία ιδανική μέθοδος, κατάλληλη για τη σχολική τάξη, καθώς ενσωματώνεται πλήρως στο σχολικό πρόγραμμα και θέτει ως στόχο της την εκμάθηση και την κατάκτηση δεξιοτήτων κρίσιμων για τη ζωή και την πρόοδο των μαθητών. Καθώς η μεταγνώση τίθεται στο επίκεντρο της μαθησιακής διαδικασίας, οι μαθητές συνειδητοποιούν τις δυνατότητες και τις αδυναμίες τους, αποκτούν εφόδια για την υπερπήδηση αυτών και αναπτύσσουν δεξιότητες αυτοπαρατήρησης και αυτοελέγχου (Meltzer, 2010, 2011).

Η διδασκαλία μεταγνωστικών στρατηγικών δεν ενισχύει μόνο τις γνωστικές ικανότητες και τις ικανότητες αυτό-ελέγχου των μαθητών, αλλά και τα μαθησιακά τους αποτελέσματα. Ενδεικτική είναι η εργασία των Iseman & Naglieri (2011), στα πλαίσια της οποίας υλοποιήθηκε ένα σύντομο πρόγραμμα εκπαίδευσης των μαθητών στις γνωστικές στρατηγικές. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, οι μαθητές που συμμετείχαν στο πρόγραμμα σημείωσαν καλύτερες επιδόσεις στη μέτρηση των μαθηματικών, σε σχέση με τους μαθητές της ομάδας ελέγχου. Παρόμοια αποτελέσματα για τον τομέα της αναγνωστικής κατανόησης προέκυψαν και από την έρευνα των Haddad, Garcia, Naglieri, Grimditch, McAndrews & Eubanks (2003).

Στα πλαίσια σχεδιασμού και υλοποίησης εκπαιδευτικών δράσεων για την ενίσχυση των εκτελεστικών λειτουργιών που βασίζονται στη διδασκαλία μεταγνωστικών στρατηγικών θα πρέπει να υπογραμμιστούν οι παρακάτω βασικές αρχές (Meltzer et al., 2007):

1. Η διδασκαλία των μεταγνωστικών στρατηγικών θα πρέπει να ενσωματώνεται μέσα στη μαθησιακή διαδικασία.
2. Οι μεταγνωστικές στρατηγικές θα πρέπει να διδάσκονται με ξεκάθαρο τρόπο.
3. Η διδασκαλία των μεταγνωστικών στρατηγικών θα πρέπει να γίνεται με συστηματικό τρόπο και θα πρέπει να παρέχονται στους μαθητές κατάλληλη βοήθεια, αντίστοιχα πρότυπα και αρκετός χρόνος για εφαρμογή και εξάσκηση.
4. Θα πρέπει να εξασφαλίζεται το ενδιαφέρον των μαθητών και η κατανόηση της χρησιμότητας των στρατηγικών ώστε να γενικευτεί η εφαρμογή τους σε ποικίλα περιβάλλοντα.

2.3.1.2. Εκπαιδευτικά προγράμματα και εκπαιδευτικές παρεμβάσεις για την καλλιέργεια των εκτελεστικών λειτουργιών στην εκπαίδευση

Τα περισσότερα εκπαιδευτικά προγράμματα που έχουν αναπτυχθεί για την ενίσχυση των εκτελεστικών λειτουργιών εστιάζουν κυρίως στην βελτίωση της εκτελεστικής λειτουργίας του ελέγχου αναστολής και αφορούν κυρίως μαθητές προσχολικής ηλικίας. Από τα προγράμματα αυτά, τα «Εργαλεία του Νου» («Tools of the Mind») και το παιδαγωγικό σύστημα Montessori αποτελούν αυτόνομα, πρότυπα εκπαιδευτικά προγράμματα, ενώ παράλληλα έχουν αναπτυχθεί προγράμματα εκτελεστικών λειτουργιών, όπως για παράδειγμα το «Promoting Alternative Thinking Strategies» (PATH), και παρεμβάσεις σύντομης ή μακράς διάρκειας, που συμπληρώνουν το υπάρχον σχολικό αναλυτικό πρόγραμμα (Otero et al., 2014).

Το πρόγραμμα «Εργαλεία του Νου» (Tools of the Mind) αναπτύχθηκε από τους Bordova & Leong (2007) και αποτελεί αυτόνομο εκπαιδευτικό πρόγραμμα για παιδιά προσχολικής ηλικίας (3 – 6 ετών). Η υλοποίηση του προγράμματος αυτού στηρίζεται στη θεωρία του Vygotsky (1978, στο Diamond & Lee, 2011), στα πλαίσια της οποίας το φανταστικό παιχνίδι και ο εσωτερικός μονόλογος που αναπτύσσουν τα παιδιά, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο για την ανάπτυξη μεταγνωστικών ικανοτήτων και ικανοτήτων αυτό-ελέγχου. Τα παιδιά, εκφράζοντας τις σκέψεις και τις προθέσεις τους, μαθαίνουν να ελέγχουν και να καθοδηγούν τη συμπεριφορά τους. Η αποτελεσματικότητα του προγράμματος αυτού τόσο για την ενίσχυση των εκτελεστικών λειτουργιών όσο και των μαθησιακών αποτελεσμάτων δεν είναι ξεκάθαρη, καθώς τα αποτελέσματα ερευνών που μελετούν το συγκεκριμένο θέμα

είναι αντικρουόμενα μεταξύ τους (Clements et al., 2016). Μάλιστα, παρόλο που το συγκεκριμένο εκπαιδευτικό πρόγραμμα περιλαμβάνει δραστηριότητες με σκοπό την ενίσχυση τόσο των μαθηματικών ικανοτήτων όσο και των εκτελεστικών λειτουργιών (Barnett et al., 2008), η επίδρασή του στην ανάπτυξη αυτών είναι μικρή (Jacob & Parkinson, 2014).

Στα πλαίσια του Μοντεσσοριανού συστήματος εκπαίδευσης εφαρμόζεται ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα που αφενός είναι πρότυπο, αφετέρου συμπληρώνει το υπάρχον αναλυτικό πρόγραμμα. Στην Μοντεσσοριανή εκπαίδευση κυρίαρχο ρόλο στη σχολική τάξη έχει το παιδί, το οποίο μέσα από δραστηριότητες παιχνιδιού και βιωματικής μάθησης, αναπτύσσει δεξιότητες αυτοπειθαρχίας και αυτοελέγχου. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ανάμεσα στους σκοπούς που τίθενται από το συγκεκριμένο εκπαιδευτικό σύστημα, δεν αναφέρεται ρητά η ενίσχυση των εκτελεστικών λειτουργιών. Αντίθετα, χρησιμοποιείται ο όρος «κανονικοποίηση» του παιδιού, με την έννοια ότι το παιδί αναπτύσσει ικανότητες ώστε να ελέγχει τον εαυτό του, να είναι ανεξάρτητο και να οργανώνει τις πράξεις και τη συμπεριφορά του (Diamond & Lee, 2011).

Το πρόγραμμα «Promoting Alternative Thinking Strategies» (Kusche & Greenberg, 1994, στο Diamond & Lee, 2011) απευθύνεται σε μαθητές ηλικίας από 3 έως 12 ετών και θέτει κυρίως κοινωνικούς και συναισθηματικούς στόχους. Παρ' όλο που προσεγγίζει κατά κύριο λόγο τη συναισθηματική διάσταση των εκτελεστικών λειτουργιών, τα παιδιά που συμμετείχαν στο πρόγραμμα αυτό βελτίωσαν τις εκτελεστικές λειτουργίες του ελέγχου αναστολής και της γνωστικής ευελιξίας και εμφάνισαν λιγότερα προβλήματα συμπεριφοράς (Diamond, 2012, Diamond & Lee, 2011).

Σημαντικά αποτελέσματα τόσο για την ενίσχυση των εκτελεστικών λειτουργιών όσο και των μαθησιακών αποτελεσμάτων φαίνεται να έχει ακόμα ένα πρόγραμμα εκτελεστικών λειτουργιών (Bozeday, Gidaspow, Minton & Smith, 2010, στο Otero et al., 2014). Το πρόγραμμα αυτό περιλαμβάνει ξεχωριστά προγράμματα εκτελεστικών λειτουργιών προσαρμοσμένα σε κάθε βαθμίδα της εκπαίδευσης, τα οποία δίνουν μεγάλη έμφαση στη διδασκαλία των εκτελεστικών λειτουργιών του αυτοελέγχου, της αυτογνωσίας, της αυτοπαρατήρησης, της στοχοκατευθυνόμενης συμπεριφοράς και της ευέλικτης επίλυσης προβλημάτων μέσα στη σχολική τάξη. Σκοπός του προγράμματος αυτού είναι να ενισχυθούν τα μαθησιακά αποτελέσματα

των μαθητών μέσα από τη συστηματική διδασκαλία των εκτελεστικών λειτουργιών. Οι μαθητές που συμμετέχουν σε αυτό το πρόγραμμα μαθαίνουν να οργανώνουν και να προγραμματίζουν τη συμπεριφορά τους, να επιλύουν σύνθετα προβλήματα, να αυτορυθμίζουν και να αυτοαξιολογούν τη συμπεριφορά τους (Poulose, 2012). Ωστόσο, έρευνα που αφορούσε στη μελέτη της αποτελεσματικότητας της εφαρμογής του παραπάνω προγράμματος δεν έδειξε σημαντικές βελτιώσεις στις εκτελεστικές λειτουργίες και τις μαθησιακές επιδόσεις των μαθητών μετά τη συμμετοχή τους στο συγκεκριμένο πρόγραμμα (Poulose, 2012).

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν και οι εκπαιδευτικές παρεμβάσεις που έχουν αναπτυχθεί μέσα στο σχολικό περιβάλλον. Στα πλαίσια των παρεμβάσεων αυτών οι μαθητές εκπαιδεύονται να χρησιμοποιούν συνειδητά τις εκτελεστικές τους λειτουργίες κατά τη συμμετοχή τους σε σύνθετα μαθησιακά έργα. Παρά το γεγονός ότι έχουν αναπτυχθεί παρεμβάσεις για την καλλιέργεια των εκτελεστικών λειτουργιών, η πλειοψηφία αυτών αφορά μαθητές προσχολικής ηλικίας, ενώ ένα μικρό μόνο μέρος αυτών αφορά μαθητές σχολικής ηλικίας. Ανάμεσα σε αυτές αξίζει να σημειωθεί το παρεμβατικό πρόγραμμα που υλοποιήθηκε στα πλαίσια δύο παρόμοιων εργασιών (Dias & Seabra, 2015, 2016). Η εφαρμογή της παρέμβασης βασίστηκε πάνω σε δομημένες δραστηριότητες με σκοπό την ανάπτυξη ικανοτήτων αυτοελέγχου και εκτελεστικών λειτουργιών (Intervention Program for Self – Regulation and Executive Functions, Dias & Seabra, 2015, 2016). Οι μαθητές που συμμετείχαν στην παρέμβαση αυτή έμαθαν πώς να χρησιμοποιούν τις εκτελεστικές τους λειτουργίες για να οργανώσουν τη συμπεριφορά τους, να επιλύουν προβλήματα και να προγραμματίσουν τις εργασίες τους. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές της ομάδας παρέμβασης βελτίωσαν τόσο τις εκτελεστικές τους λειτουργίες όσο και τις μαθησιακές τους επιδόσεις, ύστερα από τη συμμετοχή τους στην παρέμβαση. Μάλιστα, μεταγενέστερη αξιολόγηση του προγράμματος έδειξε ότι οι κατακτήσεις αυτές στις εκτελεστικές λειτουργίες τείνουν να παραμένουν και μετά από 1 χρόνο (Dias & Seabra, 2017).

Συμπερασματικά, μέσα από βιβλιογραφία εμφανίζονται αρκετές προσπάθειες για την εκπαίδευση των μαθητών πάνω στις εκτελεστικές λειτουργίες με σημαντικά, αλλά αντικρουόμενα μεταξύ τους αποτελέσματα. Κοινός τόπος των παραπάνω προσπαθειών αποτελεί η δυνατότητα ανάπτυξης τέτοιων δραστηριοτήτων και προγραμμάτων ενσωματωμένων στο σχολικό αναλυτικό πρόγραμμα και εφαρμογής

τους στον σχολικό χώρο (Clements et al., 2016). Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι εκτελεστικές λειτουργίες σχετίζονται με τις μαθησιακές επιδόσεις των μαθητών, και κυρίως με τις μαθηματικές τους ικανότητες, καθώς επίσης και ότι η εκπαίδευση πάνω στις εκτελεστικές λειτουργίες φαίνεται να ενισχύει τα μαθησιακά αποτελέσματα, οι ερευνητικές πλέον προσπάθειες στρέφονται προς τη μελέτη της αντίστροφης κατεύθυνσης, εάν, δηλαδή, μέσα από την εκπαίδευση των μαθητών σε απαιτητικά γνωστικά μαθησιακά έργα είναι δυνατόν να ενισχυθούν οι εκτελεστικές τους λειτουργίες (Clements et al., 2016, Clements & Sarama, 2015, Fuhs et al., 2014).

Μέρος τρίτο: Η επίλυση προβλήματος

3.1. Η επίλυση μαθηματικών προβλημάτων

Η επίλυση προβλήματος αποτελεί μία από τις βασικές μαθηματικές ικανότητες και τοποθετείται στο κέντρο της διδασκαλίας των Μαθηματικών, καθώς συμβάλλει στη βαθύτερη κατανόηση και κατάκτηση των μαθηματικών εννοιών (Kotsopoulos & Lee, 2012, Rosenzweig, Krawec & Montague, 2011, Κολέζα, 2009). Η επίλυση μαθηματικών προβλημάτων αποτελεί μία πολύπλοκη δραστηριότητα, κατά την οποία οι μαθητές καλούνται να υπερβούν αυτοματοποιημένες διαδικασίες, να συνδυάζουν τις παλιές με τις νέες γνώσεις τους, να δοκιμάζουν και να ελέγχουν διαφορετικές στρατηγικές μαθηματικής σκέψης (Κολέζα, 2009). Όταν οι μαθητές εργάζονται πάνω σε ένα σύνθετο μαθηματικό πρόβλημα παρατηρείται ότι αναπτύσσουν έναν σημαντικό αριθμό γνωστικών και μεταγνωστικών ικανοτήτων, ενώ παράλληλα εμβαθύνουν στη μαθηματική συλλογιστική. Πιο αναλυτικά, οι μαθητές, κατά την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων, α} αναλύουν το πρόβλημα σε επιμέρους στόχους, β} διατυπώνουν υποθέσεις για τη λύση του και τις ελέγχουν, γ} διερευνούν εναλλακτικές στρατηγικές επίλυσης και πιθανές λύσεις και δ} γενικεύουν τα συμπεράσματά τους (Κολέζα, 2009). Έτσι, οι μαθητές για να επιλύσουν ένα σύνθετο μαθηματικό πρόβλημα θα πρέπει αρχικά να το κατανοήσουν και να το αναπαραστήσουν νοητικά ή οπτικά, να αναπτύξουν ένα πλάνο επίλυσης και να το εφαρμόσουν καθώς και να ελέγξουν την καταλληλότητα του (Mayer, 1985, στο Rosenzweig et al., 2011).

Το μοντέλο επίλυσης προβλημάτων που είναι ευρέως αποδεκτό από τη βιβλιογραφία είναι το μοντέλο του Polya (1957), το οποίο περιλαμβάνει τέσσερα στάδια διαμέσου των οποίων ο μαθητής οδηγείται στην επίλυση του προβλήματος: α} η κατανόηση του προβλήματος, β} ο σχεδιασμός πλάνου επίλυσης, γ} η εφαρμογή του πλάνου επίλυσης, δ} η αξιολόγηση και ο έλεγχος του πλάνου αυτού. Το πρώτο στάδιο επίλυσης τους προβλήματος απαιτεί από τον μαθητή να κατανοήσει τις μαθηματικές έννοιες και διαδικασίες που περικλείει το πρόβλημα, να ανατρέξει στις γνώσεις του και να αξιολογήσει τις σημαντικές από τις ασήμαντες για τη λύση του προβλήματος πληροφορίες. Κατά τη φάση σχεδιασμού του πλάνου επίλυσης, ο μαθητής καλείται να αποφασίσει για τις μαθηματικές διαδικασίες και στρατηγικές που θα υλοποιήσει κατά την εφαρμογή του πλάνου του, ώστε να οδηγηθεί στη λύση του προβλήματος. Τέλος, κατά την τέταρτη φάση, ο μαθητής ελέγχει και αξιολογεί

την ορθότητα των αποτελεσμάτων του (Kotsopoulos & Lee, 2012). Για τη σωστή επίλυση ενός μαθηματικού προβλήματος είναι σημαντικό ο μαθητής να κατέχει τόσο τη γνώση των μαθηματικών εννοιών και πράξεων, όσο και την ικανότητα να αντιλαμβάνεται τη φύση του προβλήματος.

Η επίλυση μαθηματικών προβλημάτων δεν αναφέρεται μόνο στην εφαρμογή των μαθηματικών πράξεων και δεν αποτελεί μία στατική διαδικασία, αλλά αντίθετα είναι μία δυναμική διαδικασία κατά τη διάρκεια της οποίας ο μαθητής συνδυάζει τις μαθηματικές του γνώσεις, δοκιμάζει και αξιολογεί πιθανά σενάρια επίλυσης και διαφορετικές στρατηγικές προσέγγισης του προβλήματος (Schoenfeld, 1992, στο Κολέζα, 2009). Επομένως, η επίλυση μαθηματικών προβλημάτων δεν αποτελεί μία δραστηριότητα ρουτίνας, κατά την οποία εφαρμόζονται αυτοματοποιημένες μαθηματικές πράξεις, αλλά είναι μία παιδαγωγική μέθοδος προσέγγισης και κατάκτησης της μαθηματικής γνώσης, στα πλαίσια της οποίας οι μαθητές αναπτύσσουν ανώτερες γνωστικές διαδικασίες. Για τον λόγο αυτό, ο τύπος των προβλημάτων που χρησιμοποιούνται στα πλαίσια της μεθόδου αυτής κρίνεται σημαντικός. Στη βιβλιογραφία (όπως παρουσιάζεται στα Κολέζα, 2009, Kotsopoulos & Lee, 2012) εμφανίζονται ποικίλες προτάσεις για τη μορφή των μαθηματικών προβλημάτων. Έτσι, οι μαθητές θα πρέπει να επιλύουν προβλήματα, τα οποία θα είναι άγνωστα ως προς το περιεχόμενό τους και παράλληλα σύνθετα και ανοικτά ως προς το πεδίο διερεύνησής τους με την έννοια ότι δεν απαιτούν την εφαρμογή μιας αλγοριθμικής πράξης, αλλά αντίθετα παρακινούν τον λύτη να εμβαθύνει στον μαθηματικό τρόπο σκέψης και να επιλύσει αρκετά ενδιάμεσα ερωτήματα μέχρι να φτάσει στην τελική λύση. Επιπλέον, τα μαθηματικά προβλήματα θα πρέπει να ποικίλλουν ως προς τα επίπεδα πολυπλοκότητά τους, καθώς και ως προς τον τύπο και το πλήθος των μαθηματικών πράξεων που απαιτούνται για την επίλυσή τους.

Με βάση τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι για να μπορέσει ο μαθητής να επιλύσει σωστά ένα μαθηματικό πρόβλημα δεν αρκεί να εφαρμόσει απλές αλγοριθμικές πράξεις, οι οποίες κυρίως απαιτούνται σε προβλήματα ρουτίνας, τα οποία είναι απλά και κλειστά ως προς τη μορφή τους και η λύση τους εξαρτάται από ένα ερώτημα. Αντίθετα, μέσα από τα ανοικτά και σύνθετα μαθηματικά προβλήματα, οι μαθητές ελέγχουν τις γνώσεις τους, τις μεταφέρουν και τις εφαρμόζουν σε διαφορετικά πλαίσια αναπτύσσοντας μεταγνωστικές ικανότητες (Kotsopoulos & Lee, 2012, Agostino, Johnson & Pascual – Leone, 2010).

3.2. Επίλυση μαθηματικών προβλημάτων και εκτελεστικές λειτουργίες

Η ικανότητα επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων στηρίζεται σημαντικά στις εκτελεστικές λειτουργίες, ως ανώτερες γνωστικές ικανότητες. Σύγχρονες έρευνες δείχνουν ότι οι εκτελεστικές λειτουργίες υποστηρίζουν την ανάπτυξη της ικανότητας για επίλυση μαθηματικών προβλημάτων σε σημαντικότερο, μάλιστα βαθμό, από τις άλλες μαθηματικές ικανότητες. Η σχέση αυτή είναι στενότερη, όταν ο μαθητής καλείται να επιλύσει σύνθετα και δύσκολα προβλήματα (Best et al., 2011, Fuhs et al., 2010, Jogi & Kikas, 2016, Powell & Fuhs, 2014).

Στο πλαίσιο της στενής σχέσης των εκτελεστικών λειτουργιών και της ικανότητας επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων, η επίλυση ενός μαθηματικού προβλήματος είναι δυνατόν, σύμφωνα με τους Bull & Scerif (2001), να προσεγγιστεί ως ένα έργο εκτελεστικού ελέγχου, κατά το οποίο οι επιμέρους εκτελεστικές λειτουργίες συμβάλλουν στην επίλυσή του. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι το μοντέλο των τεσσάρων φάσεων επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων του Polya (1957) παραλληλίζεται με το μοντέλο του Zelazo και των συνεργατών του (1997) για τις εκτελεστικές λειτουργίες. Η προσέγγιση της επίλυσης προβλήματος ως εκτελεστικό έργο δίνει τη δυνατότητα αφενός να μελετηθούν οι δυνατότητες και οι δυσκολίες που εμφανίζουν οι μαθητές όταν επιλύουν σύνθετα μαθηματικά προβλήματα, αφετέρου αυτές να συνδεθούν με αδυναμίες σε συγκεκριμένες εκτελεστικές λειτουργίες (Kotsopoulos & Lee, 2012).

Πιο αναλυτικά, η εκτελεστική λειτουργία της εργαζόμενης μνήμης φαίνεται, μέσα από ένα πλήθος ερευνών, να συνδέεται με την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων. Η γνωστική αυτή ικανότητα επιτρέπει στους μαθητές, κατά την ενασχόλησή τους με ένα μαθηματικό πρόβλημα, να χρησιμοποιούν τις μαθηματικές τους γνώσεις, να τις συσχετίζουν με τα νέα δεδομένα του προβλήματος, να διακρίνουν τις χρήσιμες για τη λύση του προβλήματος πληροφορίες, να κατανοούν τις μαθηματικές έννοιες και διαδικασίες που απαιτούνται για την επίλυσή του και να αναπαριστούν, νοητικά ή οπτικά, ένα πιθανό πλάνο επίλυσής του. Αντίθετα, αδυναμίες στην εργαζόμενη μνήμη συνδέονται με δυσκολίες του μαθητή να ξεκινήσει να επεξεργάζεται ένα πρόβλημα, ακόμα και να σχεδιάσει ένα πιθανό πλάνο επίλυσής του (Kotsopoulos & Lee, 2012, Andesson, 2007, Bull & Scerif, 2001, Swanson, Jerman & Zheng, 2008). Επιπλέον, μαθητές με ισχυρή εργαζόμενη μνήμη τείνουν να

εφαρμόζουν πιο πολύπλοκες στρατηγικές για την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων (Geary, Hoard, Byrd-Craven & DeSoto, 2004).

Η εκτελεστική λειτουργία της γνωστικής ευελιξίας συνδέεται κυρίως με τις φάσεις σχεδιασμού και εφαρμογής του πλάνου επίλυσης του προβλήματος. Είναι η γνωστική αυτή ικανότητα που επιτρέπει στον μαθητή να σκέφτεται εναλλακτικά σενάρια επίλυσης του προβλήματος, να αναπαριστά με διαφορετικό τρόπο τις μαθηματικές έννοιες και διαδικασίες, να επεξεργάζεται πληροφορίες που αναπαριστώνται με διαφορετικούς τρόπους (γραφήματα, αριθμοί, λέξεις) και να εργάζεται ταυτόχρονα πάνω σε διαφορετικές φάσεις του προβλήματος (Agostino et al., 2010, Kotsopoulos & Lee, 2012, Yenzi et al., 2013, Cantin et al., 2016, Bock et al., 2015, Duan et al., 2010).

Τέλος, για την επίλυση προβλημάτων είναι σημαντικό ο μαθητής να μπορεί να ελέγχει τις αυθόρμητες σκέψεις και στρατηγικές με τις οποίες προσεγγίζει ένα πρόβλημα, ικανότητα που συνδέεται με την εκτελεστική λειτουργία του ελέγχου αναστολής. Μαθητές με αδυναμίες στην εκτελεστική αυτή λειτουργία τείνουν να επιλέγουν στρατηγικές που δεν ταιριάζουν με τις μαθητικές έννοιες των υπό επεξεργασία προβλημάτων (Kotsopoulos & Lee, 2012).

3.3. Διδασκαλία στρατηγικών επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων και εκτελεστικές λειτουργίες

Όπως έχει ήδη σημειωθεί σε προηγούμενη ενότητα, ένας από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους για την ενίσχυση των εκτελεστικών λειτουργιών αναδεικνύεται η συστηματική διδασκαλία μεταγνωστικών στρατηγικών. Καθώς οι μαθητές εκπαιδεύονται στη βέλτιστη χρήση των εκτελεστικών τους λειτουργιών, αναπτύσσουν ικανότητες αυτορρύθμισης της μάθησης, ενώ παράλληλα δίνεται έμφαση στη μάθηση ως δυναμική διαδικασία που έχει ως απώτερο στόχο της την βαθύτερη κατάκτηση της γνώσης και την ανάπτυξη ανώτερων γνωστικών ικανοτήτων (Meltzer et al., 2007).

Η προσέγγιση της διαδικασίας επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων ως έργο εκτελεστικών λειτουργιών αποτελεί έναν οδηγό διαμέσου του οποίου οι εκπαιδευτικοί κατανοούν τις γνωστικές διαδικασίες που ενεργοποιούν οι μαθητές τους κατά την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων και παρέχει σημαντικές

πληροφορίες για τη διδασκαλία μαθηματικών στρατηγικών και την ανάπτυξη παρεμβατικών προγραμμάτων που θα βοηθήσουν τους μαθητές να αναπτύξουν ικανότητες επίλυσης προβλημάτων. Παρόλο που στη βιβλιογραφία δεν υπάρχουν αρκετά ερευνητικά δεδομένα μέσα από τα οποία φαίνεται ο τρόπος που οι εκτελεστικές λειτουργίες υποστηρίζουν την ανάπτυξη και την εφαρμογή των μαθηματικών ικανοτήτων (Blair, Knipe & Gamson, 2008), ωστόσο, η κατανόηση των γνωστικών και μεταγνωστικών μηχανισμών που συμβάλλουν στην ανάπτυξη των μαθηματικών ικανοτήτων κρίνεται σημαντική για τον χώρο της εκπαιδευτικής πράξης (Cragg & Gilmore, 2014).

3.3.1. Διδασκαλία στρατηγικών επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων που αφορούν στην εργαζόμενη μνήμη

Όταν οι μαθητές καλούνται να επιλύσουν ένα μαθηματικό πρόβλημα, αρχικά θα πρέπει να αποκωδικοποιήσουν μέσα από το γραπτό κείμενο τις γνωστικές ενδείξεις. Οι γνωστικές ενδείξεις παρέχουν πληροφορίες για το ερώτημα του προβλήματος, για τις μαθηματικές έννοιες που συνδέονται με αυτό, για τις μαθηματικές διαδικασίες που θα πρέπει να εφαρμοστούν και για τα σημεία από τα οποία εξαρτάται η λύση του. Από τη στιγμή που θα αποκωδικοποιηθούν οι ενδείξεις αυτές, εισέρχονται στην εργαζόμενη μνήμη και ενεργοποιούν τις σχετικές με αυτές πληροφορίες που είναι ήδη αποθηκευμένες στη μνήμη του μαθητή (Andesson, 2007, Bull & Scerif, 2001). Επομένως, για να μπορέσει ο μαθητής να επιλύει μαθηματικά προβλήματα θα πρέπει να μπορεί να αναγνωρίζει το «τι», το «γιατί» και το «πώς» που περικλείει ένα πρόβλημα, ώστε να ανασύρει από τη μνήμη του τις κατάλληλες μαθηματικές έννοιες και στρατηγικές. Επειδή, όμως, σημαντικό ρόλο στην κατάκτηση της ικανότητας αυτής επιτελεί το γλωσσικό πλαίσιο με το οποίο εκφράζεται ένα μαθηματικό πρόβλημα, οι μαθητές θα πρέπει να εκπαιδευτούν ιδιαίτερα στην αποκωδικοποίηση των γνωστικών ενδείξεων, οι οποίες υποβόσκουν πίσω από ένα μαθηματικό πρόβλημα (Kotsopoulos & Lee, 2012). Παράλληλα, η εκτελεστική λειτουργία της εργαζόμενης μνήμης επιτρέπει στους μαθητές να θυμούνται κάθε φορά τις επιμέρους φάσεις του προβλήματος πάνω στις οποίες εργάζονται. Είναι σημαντικό κατά την επίλυση ενός προβλήματος, ο λύτης να κατανοεί «πού βρίσκεται», «πώς έφτασε σε αυτή τη φάση του προβλήματος», «πού θέλει να καταλήξει», «γιατί επέλεξε τη συγκεκριμένη μαθηματική διαδικασία» ώστε

να ελέγχει και να προσδίδει νόημα στη διαδικασία επίλυσης του προβλήματος (Cragg & Gilmore, 2014).

3.3.2. Διδασκαλία στρατηγικών επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων που αφορούν στον έλεγχο αναστολής

Η επίλυση ενός προβλήματος δεν εξαρτάται μόνο από τη γνώση των μαθηματικών εννοιών και διαδικασιών που κρύβονται πίσω από το γραπτό πλαίσιο του προβλήματος (διαδικαστική γνώση). Αντίθετα, για την επίλυση ενός μαθηματικού προβλήματος απαιτείται η κατάκτηση και της εννοιολογικής μαθηματικής γνώσης. Η εννοιολογική γνώση αφορά στην ικανότητα του ατόμου να αναγνωρίζει τις μαθηματικές έννοιες που περιλαμβάνει ένα πρόβλημα και τις μεταξύ τους σχέσεις, αλλά και το πότε και το πώς θα τις χρησιμοποιήσει για την επίλυση του προβλήματος. Η εννοιολογική γνώση αποτελεί στην ουσία μια διαδικασία κατά την οποία ο μαθητής αντιλαμβάνεται το βαθύτερο νόημα των μαθηματικών εννοιών, τον τρόπο που αυτές συνδέονται μεταξύ τους, ενώ είναι σε θέση να αναγνωρίζει προβληματικές καταστάσεις, στις οποίες αυτές εφαρμόζονται, και να αιτιολογεί τη χρησιμότητά τους για την επίλυσή τους. Αντίθετα, η διαδικαστική γνώση αναφέρεται στη γνώση της γλώσσας των Μαθηματικών και στη χρήση των κατάλληλων αλγοριθμικών πράξεων (Κολέζα, 2009). Η κατάκτηση της εννοιολογικής γνώσης συνδέεται κυρίως με τις εκτελεστικές λειτουργίες του ελέγχου αναστολής και της γνωστικής ευελιξίας. Η γνωστική ικανότητα του ατόμου να ελέγχει και να συγκρατεί τις αυτόματες συμπεριφορές του επιτρέπει στον μαθητή που επιλύει ένα μαθηματικό πρόβλημα να αποφύγει τόσο παρορμητικά λάθη κατά την εκτέλεση των αριθμητικών πράξεων όσο και την εφαρμογή χαμηλού επιπέδου στρατηγικών επίλυσης προβλημάτων (Cragg & Gilmore, 2014). Οι μαθητές θα πρέπει να αιτιολογούν τη μαθηματική συλλογιστική με την οποία προσεγγίζουν ένα μαθηματικό πρόβλημα, ώστε να αντιληφθούν το νόημα των μαθηματικών εννοιών κι όχι να περιορίζονται στην απλή εφαρμογή των μαθηματικών πράξεων (Kotsopoulos & Lee, 2012).

3.3.3. Διδασκαλία στρατηγικών επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων που αφορούν στην γνωστική ευελιξία

Σύμφωνα με τους Kotsopoulos & Lee (2012), η ικανότητα για γνωστική ευελιξία κατά τα φάση της αξιολόγησης της λύσης ενός προβλήματος εμφανίζεται ως

η πλέον σημαντική. Αυτό συμβαίνει διότι οι μαθητές θα πρέπει να σκεφτούν και να εφαρμόσουν ένα εναλλακτικό σχέδιο επίλυσης ώστε να ελέγχουν την ορθότητα των αποτελεσμάτων τους και να αναγνωρίζουν λάθη που οφείλονται σε αδυναμία ελέγχου των αυτόματων σκέψεων και πράξεων. Για τον λόγο αυτό, οι μαθητές θα πρέπει να διδάσκονται εναλλακτικές στρατηγικές προσέγγισης και επίλυσης ενός προβλήματος, όπως επίσης και διαφορετικές μορφές αναπαράστασης των δεδομένων ενός προβλήματος. Η ικανότητα των μαθητών, επίσης, να επεξεργάζονται ταυτόχρονα τα διαφορετικά σημεία του προβλήματος και να αναζητούν τις σχέσεις ανάμεσά τους, τους δίνει τη δυνατότητα να μετακινούνται αποτελεσματικά ανάμεσα στις διαφορετικές έννοιες και διαδικασίες που αυτό περιλαμβάνει (Cragg & Gilmore, 2014, Yeniad et al., 2013, Meltzer, et al., 2007).

Μέρος τέταρτο: Η Διαμορφωτική Αξιολόγηση

4.1 Η έννοια της διαμορφωτικής αξιολόγησης

Η αξιολόγηση αναφέρεται στην μέτρηση της επίδοσης των μαθητών στους γνωστικούς, κοινωνικούς και συναισθηματικούς στόχους που τίθενται μέσα στα σχολικά πλαίσια και χρησιμοποιείται για τον σχεδιασμό κατάλληλων στρατηγικών διδασκαλίας και για τον έλεγχο της προόδου των μαθητών (Slavin, 2007, Μαριδάκη – Κασσωτάκη, 2011). Η αξιολόγηση των μαθητών, ωστόσο, δεν αναφέρεται μόνο στην αποτίμηση των μαθησιακών τους επιτευγμάτων και δεν έχει μόνο στατικό χαρακτήρα. Αντίθετα, είναι μία διαδικασία η οποία συντρέχει παράλληλα με τη διδασκαλία και παρέχει σημαντικές πληροφορίες για το έργο του εκπαιδευτικού και των μαθητών. Οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν την αξιολόγηση ώστε να ενημερωθούν για την πορεία των μαθητών τους ως προς την κατάκτηση των επιδιωκόμενων στόχων, να εντοπίσουν σημαντικές αδυναμίες που εμποδίζουν τη μαθησιακή τους προσπάθεια, αλλά και για να αποφασίσουν για την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας τους (Popham, 2011, Clark, 2012, Ruiz – Primo, 2011). Ταυτόχρονα, οι μαθητές εντοπίζουν οι ίδιοι τα μαθησιακά τους επιτεύγματα και τις γνωστικές τους ελλείψεις, διορθώνουν και βελτιώνουν στρατηγικές μάθησης και αναπτύσσουν ένα είδος μεταγνωστικού ελέγχου στη μάθησή τους (Slavin, 2007, Μαριδάκη- Κασσωτάκη, 2011.).

Για τον όρο της διαμορφωτικής αξιολόγησης εντοπίζονται μέσα στη βιβλιογραφία ποικίλοι ορισμοί, από τους οποίους ο πιο αποδεκτός ορισμός είναι αυτός που προτείνεται από τον Popham,(2011, σελ. 5). Σύμφωνα με αυτόν, «η διαμορφωτική αξιολόγηση αποτελεί μια διαδικασία που εφαρμόζεται από τους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές κατά τη διδασκαλία, από την οποία προκύπτει ανατροφοδότηση για την αναπροσαρμογή της τρέχουσας διδασκαλίας και μάθησης, ώστε να βελτιωθεί η επίδοση των μαθητών με βάση τα αναμενόμενα εκπαιδευτικά αποτελέσματα».

Μελετώντας τον παραπάνω ορισμό, αναδεικνύεται η σημαντική επίδραση της διαμορφωτικής αξιολόγησης στη διδακτική διαδικασία. Αυτό συμβαίνει διότι η διαμορφωτική αξιολόγηση αποτελεί μία δυναμική διαδικασία που γίνεται παράλληλα με τη μαθησιακή διαδικασία ώστε να αναδείξει την αποτελεσματικότητα της ή την ανάγκη τροποποίησής της στο επίπεδο των μαθητών. Επιπρόσθετα, η διαμορφωτική

αξιολόγηση φαίνεται να προωθεί την αυτορρυθμιζόμενη μάθηση, καθώς ο μαθητής αντλεί πληροφορίες για την πορεία της μαθησιακής του κατάστασης, εντοπίζει τα δυνατά και τα αδύνατα σημεία του, βελτιώνει και αναπτύσσει στρατηγικές μάθησης (Clark, 2012, Ruiz – Primo, 2011, Slavin, 2007).

Σύμφωνα με τους Black & Wiliam (2009), οι πληροφορίες που αντλούνται κατά τη διαμορφωτική αξιολόγηση είναι ιδιαίτερα σημαντικές, γιατί καθορίζουν αφενός το περιεχόμενο και την πορεία της μαθησιακής διαδικασίας, αφετέρου την αλληλεπίδραση που θα αναπτυχθεί ανάμεσα στον εκπαιδευτικό και τους μαθητές. Η ειδοποιός διαφορά της διαμορφωτικής αξιολόγησης έγκειται στη συμμετοχή όλων όσων εμπλέκονται στη μαθησιακή διαδικασία. Η διαμορφωτική αξιολόγηση χαράσσεται και από τον εκπαιδευτικό και από τους μαθητές. Ο εκπαιδευτικός είναι υπεύθυνος ώστε να σχεδιάσει και να εφαρμόσει ένα διαδραστικό μαθησιακό περιβάλλον, ενώ οι μαθητές καλούνται να συμμετέχουν ενεργά μέσα σε αυτό το περιβάλλον (Black & Wiliam, 2009).

Ουσιαστικά, η διαμορφωτική αξιολόγηση αποτελεί μία δυναμική αλληλεπίδραση που αναπτύσσεται ανάμεσα στα εξωτερικά ερεθίσματα και την ανατροφοδότηση που προσφέρει ο εκπαιδευτικός από τη μία πλευρά και στις εσωτερικές διαδικασίες που αναπτύσσει ο μαθητής κατά τη συμμετοχή του στη μαθησιακή διαδικασία από την άλλη πλευρά. Η διαμορφωτική αξιολόγηση περιλαμβάνει τρεις βασικές διαδικασίες που αφορούν τη διδακτική και μαθησιακή διαδικασία. Αρχικά, θα πρέπει ο εκπαιδευτικός να διευκρινίσει σε ποιο μαθησιακό επίπεδο βρίσκονται οι μαθητές του σε σχέση με τους μαθησιακούς στόχους που έχει θέσει. Έπειτα θα πρέπει να προσαρμόσει τους στόχους αυτούς, καθώς και τα αναμενόμενα αποτελέσματα στις ανάγκες και τις δυνατότητες του μαθητικού του δυναμικού, ενώ τέλος θα πρέπει να καθορίσει τις διαδικασίες και το μαθησιακό περιβάλλον που θα οδηγήσει προς την επίτευξη των στόχων. Μέσα σε αυτά τα πλαίσια, διαμορφώνονται πέντε επιμέρους στρατηγικές που εφαρμόζονται κατά τη διαμορφωτική αξιολόγηση (Black & Wiliam, 2009). Σύμφωνα με αυτές, κατά τη διαμορφωτική αξιολόγηση:

1. Καθορίζονται από τον εκπαιδευτικό και τους μαθητές κοινοί μαθησιακοί στόχοι

2. Δημιουργείται ένα δυναμικό και διαδραστικό μαθησιακό περιβάλλον, μέσα από το οποίο αντλούνται σημαντικές πληροφορίες για τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών
3. Παρέχεται ανατροφοδότηση στους μαθητές μέσα από τη συνεχή αλληλεπίδρασή τους με τον εκπαιδευτικό, ώστε να ενισχυθεί περαιτέρω η μάθηση
4. Οι μαθητές αναλαμβάνουν ενεργό ρόλο και βοηθούν τους συμμαθητές τους σε πιθανές δυσκολίες
5. Οι μαθητές αναλαμβάνουν ενεργό ρόλο, ελέγχουν και ρυθμίζουν οι ίδιοι τη μαθησιακή τους πορεία.

Από τα παραπάνω, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στους δύο τελευταίους στόχους της διαμορφωτικής αξιολόγησης, καθώς ο μαθητής τοποθετείται στο κέντρο της μαθησιακής διαδικασίας, ενώ παράλληλα η μάθηση αποκτά νόημα για αυτόν. Τόσο η ετεροαξιολόγηση όσο και η αυτοαξιολόγηση επιτρέπουν στον μαθητή να ενημερώνεται και να κρίνει ο ίδιος τη μαθησιακή του πορεία και να μαθαίνει νέες στρατηγικές μάθησης αναπτύσσοντας με αυτό τον τρόπο μεταγνωστικές ικανότητες και αυτονομία στη μάθησή του (Black et al., 2006). Επιπλέον, ο εκπαιδευτικός δεν εστιάζει μόνο στο μαθησιακό προϊόν, αλλά ενδιαφέρεται να μάθει για το πώς μαθαίνουν οι μαθητές του και ανταποκρίνεται άμεσα στις απαντήσεις και τις απορίες, παρέχοντάς τους ανατροφοδότηση (Black & Wiliam, 2009, Clark, 2012).

4. 1. 1. Η ανατροφοδότηση ως βασικό στοιχείο της διαμορφωτικής αξιολόγησης

Όπως είναι ήδη γνωστό, ένα περιβάλλον στο οποίο εφαρμόζεται η διαμορφωτική αξιολόγηση στηρίζεται στη δυναμική αλληλεπίδραση του εκπαιδευτικού με τους μαθητές τους. Η αμφίδρομη επικοινωνία του εκπαιδευτικού με τους μαθητές του ονομάζεται ανατροφοδότηση (feedback) και αποτελεί συστατικό στοιχείο της διαμορφωτικής αξιολόγησης. Μέσα από την ανατροφοδότηση συλλέγονται πληροφορίες για τους μαθητές, ως προς τι μαθαίνουν, πού κάνουν λάθη και σε ποια σημεία χρειάζονται περισσότερη εμβάθυνση (Black & Wiliam, 2009, Clark, 2012).

Κατά τη φάση της ανατροφοδότησης, κύρια πηγή πληροφοριών για τη μαθησιακή κατάσταση των μαθητών, αποτελούν τα σχόλια και οι παρατηρήσεις που οι ίδιοι επισημαίνουν κατά τη μαθησιακή διαδικασία (Smith & Wedman, 1988). Η

ανατροφοδότηση είναι αποτελεσματική, όταν οι μαθητές ενθαρρύνονται να λεκτικοποιήσουν, να περιγράψουν δηλαδή μεγαλόφωνα τις γνώσεις, τα κίνητρα, τις απόψεις και τους στόχους που έχουν για τη μάθηση, μέσα από την ενεργή συμμετοχή τους στη μαθησιακή διαδικασία και τη συζήτηση με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας (Black & Wiliam, 2009, Clark, 2012). Καθώς οι μαθητές εξωτερικεύουν τον τρόπο που σκέφτονται και τις στρατηγικές που εφαρμόζουν, ο εκπαιδευτικός καλείται να ανταποκριθεί σε αυτά και να διαμορφώσει τη μαθησιακή διαδικασία ώστε να προωθήσει περαιτέρω τη μάθηση. Παράλληλα, μέσα στη σχολική τάξη, όλα τα μέλη συζητούν μεταξύ τους και ανταλλάζουν απόψεις σχετικές με το περιεχόμενο της μάθησης. Διάλογοι δεν αναπτύσσονται μόνο ανάμεσα στον εκπαιδευτικό και τον μαθητή, αλλά ανάμεσα και στους μαθητές. Οι εκπαιδευτικοί αυτοί διάλογοι (instructional dialogues), που αποτελούν μία μορφή ανατροφοδότησης, παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για τη σκέψη και τις στρατηγικές μάθησης που ακολουθούν οι μαθητές και επηρεάζουν τα μαθησιακά τους αποτελέσματα. Πιο αναλυτικά, «οι εκπαιδευτικοί διάλογοι φανερώνουν τι και πώς σκέφτονται οι μαθητές, βοηθώντας με αυτόν τον τρόπο τους εκπαιδευτικούς να κατανοήσουν τις προηγούμενες γνώσεις, τα γνωστικά σχήματα, τις στρατηγικές των μαθητών τους. Οι εκπαιδευτικοί κατόπιν μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτές τις πληροφορίες ώστε να σχεδιάσουν τις επόμενες δραστηριότητες» (Ruiz-Primo, 2011, σελ., 17).

Οι λεκτικές ανατροφοδοτήσεις που παρέχονται μέσα από τους εκπαιδευτικούς διαλόγους που αναπτύσσονται στη σχολική τάξη φαίνεται ότι επηρεάζουν σημαντικά με θετικό τρόπο τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών. Μάλιστα, σύμφωνα τη βιβλιογραφία, η λεκτική ανατροφοδότηση εμφανίζεται ως παράγοντας που ενισχύει τη μάθηση για όλους τους μαθητές και κυρίως τους μαθητές με χαμηλά μαθησιακά αποτελέσματα (Ruiz-Primo, 2011, Nystrand & Gamoran, 1991, Applebee, Langer, Nystrand & Gamoran, 2003).

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι η ανατροφοδότηση στηρίζεται στην άμεση και προφορική αλληλεπίδραση του εκπαιδευτικού με τους μαθητές του. Είναι σημαντικό κατά την εφαρμογή να ενθαρρύνονται οι μαθητές να εκφράζουν τις σκέψεις τους, καθώς έτσι αφενός βοηθούν τον εκπαιδευτικό να προσαρμόσει τη διδασκαλία στις δικές τους ανάγκες, αφετέρου παρέχουν στους συμμαθητές τους πρότυπα σκέψης και στρατηγικών που ενισχύουν τη μάθηση (Black & Wiliam, 2009, Clark, 2012, Ruiz-Primo, 2011).

4.2 Η μέθοδος «σκέφτομαι μεγαλόφωνα» (think aloud method) ως μορφή διαμορφωτικής αξιολόγησης

Ανάμεσα στους βασικότερους σκοπούς που θέτει η εκπαιδευτική κοινότητα είναι η ανάγκη να αναπτύξουν οι μαθητές τις ικανότητες του πώς να σκέφτονται και πώς να επιλύουν νέα και σύνθετα προβλήματα. Για τον λόγο αυτό, άνθρωποι της εκπαίδευσης ενδιαφέρονται ολοένα και περισσότερο να κατανοήσουν τους γνωστικούς μηχανισμούς που κρύβονται πίσω από κάθε σκέψη και συμπεριφορά του μαθητή και να απαντήσουν στο αίτημα των ημερών «πώς θα βοηθήσω του μαθητές μου να αναπτύξουν περισσότερο ή ακόμα και να βελτιώσουν τον τρόπο σκέψης τους;». Μέσα στα πλαίσια αυτά, οι εκπαιδευτικοί και οι ερευνητές χρησιμοποιούν άμεσες μεθόδους διαμορφωτικής αξιολόγησης (on-line methods), οι οποίες συντρέχουν παράλληλα με τη μάθηση και παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για τις γνωστικές και μεταγνωστικές διαδικασίες που συντελούνται στο μυαλό του μαθητή κατά την επίλυση σύνθετων γνωστικών έργων (Charters, 2003, Smith & Wedman, 1988, Bannert & Mengelkamp, 2008).

Η μέθοδος του «σκέφτομαι μεγαλόφωνα» αποτελεί μορφή διαμορφωτικής αξιολόγησης που εναρμονίζεται με τους σύγχρονους σκοπούς της εκπαίδευσης, όπως αυτοί παρουσιάστηκαν πιο πάνω. Η συγκεκριμένη μέθοδος στηρίζεται στη λεκτική αλληλεπίδραση του εκπαιδευτικού με τους μαθητές του, καθώς απαιτεί από τον μαθητή να εξωτερικεύει και να περιγράφει τις σκέψεις του τη στιγμή που συμμετέχει σε ένα γνωστικό έργο. Η μέθοδος αυτή εμφανίζεται ως κατάλληλη μέθοδος σε δοκιμασίες που απαιτούν σύνθετες γνωστικές και μεταγνωστικές διαδικασίες, καθώς και δεξιότητες επίλυσης προβλήματος, οι οποίες όμως δεν είναι άμεσα ορατές από τον εκπαιδευτικό (Smith & Wedman, 1988).

Καθώς ο μαθητής μεταφράζει τις σκέψεις του σε λέξεις, οι λέξεις αυτές καταγράφονται και δημιουργούν τα αντίστοιχα πρωτόκολλα, με τη βοήθεια των οποίων θα κατανοηθούν και θα ερμηνευθούν οι νοητικές διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα στο μυαλό του μαθητή. Τα πρωτόκολλα αυτά παρέχουν πληροφορίες που μαρτυρούν τον τρόπο που ο μαθητής προσεγγίζει το γνωστικό έργο, τις σωστές και τις λανθασμένες στρατηγικές που χρησιμοποιεί, ακόμα και για το αν και το πώς αξιοποιεί τις υπάρχουσες γνώσεις του και τις συνδέει με τις νέες, ώστε να φτάσει στην επίλυση. Επομένως, τα πρωτόκολλα μετουσιώνονται σε ένα είδος διαμορφωτικής αξιολόγησης (Smith & Wedman, 1988, Ericsson & Simon, 1993).

4. 2. 1. Το γνωστικό υπόβαθρο της μεθόδου «σκέφτομαι μεγάλωφωνα»

Οι ρίζες της μεθόδου αυτής τοποθετούνται στη κοινωνικο-πολιτισμική θεωρία του Vygotsky (1962), στην οποία κεντρικό ρόλο για την ανάπτυξη των γνωστικών ικανοτήτων του ανθρώπου κατέχουν οι κοινωνικο-πολιτιστικοί παράγοντες (Charters, 2003). Οι εμπειρίες που αποκτά το άτομο μέσα από την αλληλεπίδρασή του με το κοινωνικό και πολιτισμικό περιβάλλον του, καθώς και η βοήθεια που δέχεται από αυτό προωθούν τη γνωστική του ανάπτυξη. Μέσα στα πλαίσια αυτά, διαμορφώθηκε η θεωρία για τη «ζώνη επικείμενης ανάπτυξης». «Το αναπτυσσόμενο άτομο μπορεί, ακολουθώντας το παράδειγμα των ενηλίκων, να φτάσει μόνο του σε ένα συγκεκριμένο όριο γνωστικής ανάπτυξης, το οποίο εκφράζεται μέσα από τη δυνατότητά του να αντιμετωπίσει διάφορες προβληματικές καταστάσεις» (Μαριδάκη – Κασσωτάκη, 2011, σελ. 141). Ωστόσο, εάν παράλληλα το άτομο αυτό βοηθηθεί κατά τη διαδικασία της μάθησης από άλλα πιο ικανά άτομα, μπορεί να ξεπεράσει το συγκεκριμένο όριο της γνωστικής του ανάπτυξης ενισχύοντας περαιτέρω τις νοητικές του ικανότητες. Η γνωστική αυτή διαφορά που επιτυγχάνεται με την υποβοήθηση του ατόμου αποτελεί τη «ζώνη επικείμενης ανάπτυξης του».

Επιπλέον, ο Vygotsky απέδωσε ξεχωριστή σημασία στη γλώσσα και τη χαρακτήρισε «ως το μέσο έκφρασης και καθοδήγησης της σκέψης» (Κασσωτάκης & Φλουρή, 2006, Charters, 2003). Ο ίδιος παρατήρησε ότι όχι μόνο τα μικρά παιδιά, αλλά και οι ενήλικες, όταν καλούνται να ολοκληρώσουν ένα σύνθετο γνωστικό έργο, αρκετές φορές μονολογούν, περιγράφοντας και εξηγώντας στον εαυτό τους τις ενέργειες που πρέπει να κάνουν ώστε να φτάσουν στην ολοκλήρωση του έργου τους. Έτσι, ο «εσωτερικός λόγος» των ατόμων αποκτά νέα διάσταση και δεν συνδέεται πλέον με την ανωριμότητα του ατόμου, όπως υποστήριξε ο Piaget. Αντίθετα, σύμφωνα με τον Vygotsky, ο «εσωτερικός λόγος», κατά τον οποίο το άτομο λεκτικοποιεί τη σκέψη του, αποτελεί έναν εσωτερικό διάλογο του ατόμου με τον εαυτό του, που το βοηθά να κατευθύνει, να ελέγξει και να ρυθμίσει τη σκέψη και τη συμπεριφορά του (Κασσωτάκης & Φλουρή, 2006).

Η σημαντική συμβολή της γλωσσικής έκφρασης για την ανάπτυξη και τη ενίσχυση της γνωστικής ικανότητας της σκέψης, όπως επισημαίνεται στα πλαίσια της θεωρίας του Vygotsky, αποτελεί τη βάση στην οποία αναπτύχθηκε η μέθοδος «σκέφτομαι μεγάλωφωνα». Η φύση της μεθόδου αυτής είναι λεκτική, γιατί

χρησιμοποιεί ως βασικό εργαλείο της αυτό που ο Vygotsky ονόμασε «εσωτερικό μονόλογο» (inner speech) (Charters, 2003, Ericsson & Simon, 1993).

4. 2. 2. Η εφαρμογή της μεθόδου «σκέφτομαι μεγαλόφωνα»

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου αυτής, οι μαθητές δουλεύουν πάνω σε ένα γνωστικό έργο ή επιλύουν ένα σύνθετο πρόβλημα, ενώ την ίδια στιγμή καλούνται να «μιλάνε δυνατά», να εκφράζουν δηλαδή μεγαλόφωνα τη σκέψη τους και τις στρατηγικές που εφαρμόζουν ώστε να ολοκληρώσουν το έργο. Οι σκέψεις μεταφράζονται σε λέξεις, οι οποίες καταγράφονται και διαμορφώνουν τα πρωτόκολλα της μεθόδου αυτής. Ύστερα, αυτές οι λεκτικοποιήσεις της σκέψης συνδέονται με συγκεκριμένες γνωστικές διαδικασίες που εφαρμόζει το άτομο, όταν καλείται να συμμετέχει σε γνωστικά έργα (Ericsson & Simon, 1993, Bannert & Mengelkamp, 2008).

Με βάση τα παραπάνω, γίνεται φανερό ότι τα λεκτικά πρωτόκολλα που συλλέγονται κατά την εφαρμογή της μεθόδου «σκέφτομαι μεγαλόφωνα» μετατρέπονται σε ένα κατάλληλο εργαλείο που επιτρέπει τη μελέτη τόσο των γνωστικών και μεταγνωστικών στρατηγικών που εφαρμόζουν τα άτομα που επιλύουν επιτυχώς ποικίλα προβλήματα, όσο και των γνωστικών αδυναμιών των ατόμων που δυσκολεύονται στην επίλυση προβλημάτων (Ericsson & Simon, 1993, Bannert & Mengelkamp, 2008).

Το πιο διαδεδομένο μοντέλο της μεθόδου αυτής είναι αυτό που πρότειναν οι Ericsson & Simon (1993). Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, η μέθοδος «σκέφτομαι μεγαλόφωνα» διακρίνεται σε τρεις τύπους ανάλογα με τον τρόπο που το άτομο λεκτικοποιεί τη σκέψη του κατά τη διαδικασία ολοκλήρωσης του γνωστικού έργου (Ericsson & Simon, 1993, Bannert & Mengelkamp, 2008).

Κατά τον πρώτο τύπο, τα άτομα, εκφράζουν μεγαλόφωνα οτιδήποτε σκέφτονται χωρίς να το αξιολογούν ή να το ερμηνεύουν. Για τον λόγο αυτό δεν επηρεάζεται η επίδοσή τους στο γνωστικό έργο, ενώ παράλληλα δεν τροποποιούνται οι γνωστικές και μεταγνωστικές τους στρατηγικές. Σύμφωνα με τους Ericsson & Simon (1993), αυτή η μορφή ονομάζεται «μιλάω μεγαλόφωνα» (talk aloud).

Σύμφωνα με τη δεύτερη μορφή της μεθόδου «σκέφτομαι μεγαλόφωνα», τα άτομα καλούνται να απεικονίσουν σε γραπτό διάγραμμα την πορεία της σκέψης τους. Αυτή η διαδικασία απαιτεί παραπάνω χρόνο σε σχέση με τον πρώτο τύπο για την

ολοκλήρωση του έργου, χωρίς όμως να επηρεάζει την ολοκλήρωσή του ούτε όμως και τις γνωστικές και μεταγνωστικές διαδικασίες που εφαρμόζει το άτομο. Ο τύπος αυτός ονομάζεται «σκέφτομαι μεγαλόφωνα» (think aloud).

Αντίθετα, ο τρίτος τύπος απαιτεί από τα άτομα όχι μόνο να εκφράσουν μεγαλόφωνα τη σκέψη τους όταν εργάζονται πάνω σε ένα γνωστικό έργο, αλλά παράλληλα να εξηγήσουν και να αιτιολογήσουν τις απόψεις τους. Αυτή η ερμηνευτική διαδικασία, κατά την οποία το άτομο πρέπει να συνδέσει αυτά που σκέφτεται με αυτά που ήδη γνωρίζει, να βρει διαφορές αλλά και αιτιακές σχέσεις, φαίνεται ότι επηρεάζει αφενός την επιτυχημένη ολοκλήρωση του έργου, αφετέρου ενισχύει τις γνωστικές και μεταγνωστικές στρατηγικές του ατόμου. Αυτή η μορφή λεκτικοποίησης της σκέψης έχει χαρακτηριστεί από τους Ericsson & Simon (1993) ως αναστοχαστική (reflection).

Σημαντικό ρόλο για την επιτυχημένη εφαρμογή της μεθόδου αυτής διαδραματίζει το είδος του γνωστικού έργου που θα διεκπεραιώσει ο μαθητής. Το έργο αυτό δεν θα πρέπει να είναι ούτε πολύ σύνθετο και δύσκολο ως προς τις γνωστικές διαδικασίες που απαιτεί, αλλά ούτε πολύ απλό, καθώς τότε ενεργοποιούνται αυτόματες γνωστικές διαδικασίες τις οποίες ο μαθητής δεν συνειδητοποιεί και επομένως δεν μπορεί να τις λεκτικοποιήσει. Έτσι, οι δραστηριότητες και τα προβλήματα που παρέχονται στα πλαίσια της μεθόδου «σκέφτομαι μεγαλόφωνα» θα πρέπει να συμβαδίζουν με την ηλικία και το γνωστικό επίπεδο των μαθητών, ενώ παράλληλα προτείνονται σύνθετα έργα, τα οποία μπορούν να χωριστούν σε επιμέρους ενότητες με σκοπό την αναλυτικότερη μελέτη των γνωστικών λειτουργιών που απαιτούνται σε κάθε επιμέρους ενότητα (Charters, 2003).

4. 2. 3. Η μέθοδος «σκέφτομαι μεγαλόφωνα» στην εκπαίδευση

Η μέθοδος «σκέφτομαι μεγαλόφωνα» (think aloud method) συμβαδίζει με τις απόψεις του Vygotsky για τον σημαντικό ρόλο που διαδραματίζει η γλωσσική έκφραση στην αυτορρύθμιση της σκέψης και της συμπεριφοράς του ατόμου. Για τον σκοπό αυτό, έχει χρησιμοποιηθεί στα πλαίσια αρκετών ερευνών και έχει αναδειχθεί ως μία σημαντική μέθοδος για τη μελέτη, την αξιολόγηση αλλά και την καλλιέργεια των γνωστικών και μεταγνωστικών ικανοτήτων των μαθητών, όταν αυτοί καλούνται να επιλύσουν σύνθετα και δύσκολα προβλήματα. Επιπρόσθετα, η συγκεκριμένη

στρατηγική είναι ιδιαίτερα επίκαιρη, καθώς εμφανίζεται ως η απάντηση στο κύριο μέλημα των ανθρώπων της εκπαίδευσης, που ενδιαφέρονται να καλλιεργήσουν ένα περιβάλλον αυτορρυθμιζόμενης μάθησης, μέσα στο οποίο οι μαθητές θα αναστοχάζονται και θα ρυθμίζουν οι ίδιοι τις μαθησιακές τους διαδικασίες (Schellings, van Hout – Wolters, Veenman, & Meijer, 2013, McKeown & Gentilucci, 2007, Veenman et al., 2006).

Οι πρώτες εφαρμογές στον χώρο της εκπαίδευσης έρχονται από το πεδίο της αναγνωστικής κατανόησης. Πρώτοι οι Afferbach & Johnston (1984, στο McKeown & Gentilucci, 2007) έθεσαν τις βάσεις για την εφαρμογή της στρατηγικής του «σκέφτομαι μεγαλόφωνα» ως μέθοδο αξιολόγησης των γνωστικών ικανοτήτων που υποστηρίζουν τη διαδικασία της αναγνωστικής κατανόησης και ως μέσο για τον μεταγνωστικό έλεγχο αυτής της διαδικασίας. Ταυτόχρονα, ο Pressley και οι συνεργάτες του (1992, στο McKeown & Gentilucci, 2007) χαρακτήρισαν τη μέθοδο του «σκέφτομαι μεγαλόφωνα» ως μια συνδιαλλακτική μέθοδο κατά την οποία ο εκπαιδευτικός και οι μαθητές του, κατά τη ανάγνωση κειμένων, συνεργάζονται και αλληλεπιδρούν, ώστε να ερμηνεύσουν, να διαπραγματευτούν και να κατανοήσουν τα κείμενα. Επιπλέον, η Cassanave (1988, στο McKeown & Gentilucci, 2007), μέσα από τη δική της έρευνα, έδειξε ότι αναγνώστες που χρησιμοποιούσαν την εν λόγω στρατηγική για την κατανόηση κειμένων, ήταν σε θέση να ελέγξουν την αναγνωστική τους κατανόηση, να συνδέσουν τις προηγούμενες γνώσεις τους με τις νέες, να αξιολογήσουν και πιθανόν να βελτιώσουν τις στρατηγικές που εφάρμοζαν. Τα ευρήματα αυτά υποστηρίζονται και από μία πιο σύγχρονη έρευνα, σύμφωνα με την οποία οι μαθητές, που εφαρμόζουν τη μέθοδο του «σκέφτομαι μεγαλόφωνα» κατά τη διαδικασία της ανάγνωσης, και με σκοπό να κατανοήσουν και να ερμηνεύσουν κείμενα, είναι σε θέση να χρησιμοποιούν μεταγνωστικές στρατηγικές, να συνδέουν τις νέες με τις παλιές πληροφορίες, να διαβάζουν «πέρα από τις γραμμές» του κειμένου φτάνοντας σε υψηλότερα επίπεδα κατανόησης (McKeown & Gentilucci, 2007).

Η χρήση της μεθόδου «Σκέφτομαι Μεγαλόφωνα» ξεκίνησε από τον τομέα της αναγνωστικής κατανόησης θέτοντας τρεις κυρίως στόχους. Αρχικά, διότι αποτελεί μία στρατηγική που επιτρέπει τη μελέτη των γνωστικών διαδικασιών που υποστηρίζουν τη διαδικασία της ανάγνωσης. Έπειτα, εμφανίζεται ως μία σημαντική διδακτική μέθοδος κατά τη διδασκαλία της αναγνωστικής κατανόησης και τρίτον

διότι προωθεί την κοινωνική αλληλεπίδραση του ατόμου μέσα στην ομάδα της τάξης (Kucan & Beck, 1997, στο McKeown & Gentilucci, 2007). Η έμφαση που δίνεται στην κοινωνική διάσταση της μεθόδου αυτής για την ανάπτυξη των γνωστικών διαδικασιών επισημαίνει τον διαχρονικό χαρακτήρα της θεωρίας του Vygotsky για τη σημαντικότητα των κοινωνικών και πολιτισμικών παραγόντων στην νοητική ανάπτυξη του ατόμου.

Παράλληλα με τον χώρο της αναγνωστικής κατανόησης, η μέθοδος του «Σκέφτομαι Μεγαλόφωνα» έχει χρησιμοποιηθεί αρκετά και στον χώρο των Μαθηματικών. Οι εκπαιδευτικοί με σκοπό να καταστήσουν το μάθημα των Μαθηματικών ως ένα γνωστικό αντικείμενο που θα έχει νόημα και ενδιαφέρον για τους μαθητές, έχουν θέσει στο κέντρο της μαθηματικής εκπαίδευσης την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων. Η επίλυση προβλήματος χαρακτηρίζεται ως μία σύνθετη γνωστική διαδικασία που περιλαμβάνει επιμέρους γνωστικές και μεταγνωστικές ικανότητες. Στα πλαίσια αυτά, έχουν εκπονηθεί αρκετές έρευνες, οι οποίες αναδεικνύουν τη στρατηγική του «σκέφτομαι μεγαλόφωνα» ως την πλέον κατάλληλη μέθοδο για τη μελέτη των γνωστικών και μεταγνωστικών διαδικασιών, που υποστηρίζουν την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων. Μέσα από τη μέθοδο αυτή, οι μεταγνωστικές διαδικασίες που χρησιμοποιεί το άτομο για την ολοκλήρωση σύνθετων γνωστικών έργων, αξιολογούνται άμεσα, καθώς το άτομο εξωτερικεύει και περιγράφει αναλυτικά τις σκέψεις και τις γνωστικές στρατηγικές που ακολουθεί για να επιλύσει προβλήματα (Montague, Enders & Dietz, 2011, Ostad & Sorenson, 2007, Ozcan, Imamoglu & Bayrakli, 2017, Rosenzweig, Krawec & Montague, 2011, Jacobse & Harskamp, 2012).

Ενδεικτική είναι η έρευνα των Montague & Applegate (1993), κατά την οποία οι μαθητές εκπαιδεύτηκαν στη χρήση της μεθόδου του «σκέφτομαι μεγαλόφωνα» κατά την επίλυση απλών και σύνθετων μαθηματικών προβλημάτων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η χρήση της μεθόδου «σκέφτομαι μεγαλόφωνα» αποτελεί έναν σημαντικό οδηγό για την κατανόηση των μεταγνωστικών στρατηγικών που εφαρμόζουν τα παιδιά όταν επιλύουν σύνθετα προβλήματα. Αυτό συμβαίνει διότι οι μαθητές καλούνται να περιγράφουν και να αναλύουν μεγαλόφωνα τη σκέψη τους και τα βήματα που ακολουθούν, ακριβώς τη στιγμή που επιλύουν το μαθηματικό πρόβλημα. Επιπλέον, η έρευνα αυτή έδειξε ότι οι μαθητές με δυσκολίες στην επίλυση μαθηματικών προβλημάτων χρησιμοποιούσαν διαφορετικό τρόπο σκέψης και

διαφορετικές στρατηγικές σε σχέση με τους μαθητές που επίλυσαν σωστά τα προβλήματα. Φαίνεται, έτσι, ότι η λεκτικοποίηση της σκέψης παρέχει στους ερευνητές έναν πλούτο δεδομένων που μαρτυρούν αφενός τις υπολανθάνουσες γνωστικές διαδικασίες που εφαρμόζει το άτομο όταν συμμετέχει σε γνωστικά έργα, αφετέρου τις λανθασμένες γνωστικές στρατηγικές που εμποδίζουν το άτομο από την επιτυχημένη ολοκλήρωση των έργων αυτών. Επιπλέον, η παραπάνω έρευνα έδειξε ότι όσο πιο σύνθετα είναι τα μαθηματικά προβλήματα, οι μαθητές τείνουν να περιγράφουν πιο πολλές γνωστικές στρατηγικές, περισσότερα και πιο αναλυτικά βήματα σκέψης. Έτσι, φαίνεται ότι η μέθοδος του «σκέφτομαι μεγαλόφωνα» ενισχύει τις μεταγνωστικές ικανότητες του ατόμου, κυρίως όταν αυτό καλείται να ολοκληρώσει όλο και πιο σύνθετα γνωστικά έργα (Montague & Applegate, 1993).

Η αξιολόγηση των μεταγνωστικών στρατηγικών κατά την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων με τη χρήση της μεθόδου «σκέφτομαι μεγαλόφωνα» μελετήθηκε από νεότερη έρευνα της Montague και των συνεργατών της (Montague et al., 2010). Στα πλαίσια της έρευνας αυτής, η μέθοδος του «σκέφτομαι μεγαλόφωνα» αποτέλεσε το εργαλείο που χορηγήθηκε στους συμμετέχοντες, ώστε να μελετηθούν οι μεταγνωστικές ικανότητες που ενεργοποιούν αυτοί κατά την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων. Όπως επισημαίνεται από τους ερευνητές, «η μέθοδος του «σκέφτομαι μεγαλόφωνα» είναι ένας πολύ καλός τρόπος για να κατανοήσουμε τον τρόπο που οι άνθρωποι επιλύουν μαθηματικά προβλήματα» (Montague et al., 2011). Παράλληλα, στα πλαίσια της έρευνας αυτής, επισημάνθηκε ότι λεκτικές περιγραφές της σκέψης επιτρέπουν στους μαθητές να αναπτύξουν μεταγνωστικές στρατηγικές με τη βοήθεια των οποίων οι ίδιοι μπορούν να ελέγχουν και κατευθύνουν τη σκέψη τους, κατακτώντας έτσι τον απώτερο σκοπό της αυτορυθμιζόμενης μάθησης. Αυτό το εύρημα υποστηρίζει περαιτέρω τη θεωρία του Vygotsky για τη σημαντικότητα της γλωσσικής έκφρασης στη γνωστική και μεταγνωστική ανάπτυξη του ατόμου.

Στην έρευνά τους, οι Ostad & Sorenson (2007), μελέτησαν τον εσωτερικό μονόλογο των μαθητών, μέσω της μεθόδου «Σκέφτομαι Μεγαλόφωνα», και τις μεταγνωστικές στρατηγικές που χρησιμοποιούσαν κατά την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων. Οι μαθητές που συμμετείχαν στην εν λόγω έρευνα χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, στους μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες και σε αυτούς χωρίς μαθησιακές δυσκολίες, προκειμένου να μελετηθούν οι διαφορετικές μεταγνωστικές στρατηγικές που εφαρμόζουν οι μαθητές. Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής, η

λεκτικοποίηση της σκέψης φαίνεται να συνδέεται με θετικό τρόπο τόσο με την ανάπτυξη των μεταγνωστικών ικανοτήτων των μαθητών όσο και με την επιτυχή επίλυση των μαθηματικών προβλημάτων. Ταυτόχρονα, οι ερευνητές είχαν την ευκαιρία με τη χρήση της μεθόδου «Σκέφτομαι Μεγαλόφωνα», να παρακολουθήσουν τη διαφορετική προσέγγιση με την οποία οι μαθητές με και χωρίς μαθησιακές δυσκολίες προσεγγίζουν τα μαθηματικά προβλήματα. Πράγματι, από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι οι μαθητές με και χωρίς μαθησιακές δυσκολίες διαφέρουν ως προς τις μεταγνωστικές στρατηγικές που εφαρμόζουν κατά την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων. Η χρήση της μεθόδου «Σκέφτομαι Μεγαλόφωνα» ως μέθοδος διαγνωστικής και διαμορφωτικής αξιολόγησης των γνωστικών και μεταγνωστικών ικανοτήτων των μαθητών αναδεικνύεται και από την έρευνα των Rosenzweig, Krawec & Montague (2011). Η συγκεκριμένα έρευνα έδειξε ότι οι μαθητές με διαφορετικές μαθηματικές ικανότητες τείνουν να ενεργοποιούν διαφορετικές μεταγνωστικές στρατηγικές κατά την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων. Παράλληλα, αναδεικνύεται η σημαντικότητα των σύνθετων μαθηματικών προβλημάτων για την ανάδειξη των μεταγνωστικών ικανοτήτων, καθώς οι συμμετέχοντες μαθητές λεκτικοποιούσαν περισσότερες μεταγνωστικής φύσεως σκέψεις στα σύνθετα προβλήματα, ενώ στα απλά προβλήματα εφαρμόζαν αυτοματοποιημένες διαδικασίες.

Ιδιαίτερα διαφωτιστική ως προς τις γνωστικές ικανότητες και τις μεταγνωστικές στρατηγικές των μαθητών κατά την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων είναι η έρευνα των Ozcan, Imamoglu & Bayrakli (2017). Οι μαθητές που συμμετείχαν στην έρευνα αυτή καλούνταν να επιλύσουν μαθηματικά προβλήματα με τη χρήση της μεθόδου «Σκέφτομαι Μεγαλόφωνα». Οι ερευνητές κατέγραφαν τις σκέψεις των μαθητών με βάση ένα πρωτόκολλο ανάλυσης των λεκτικών δεδομένων, που περιλάμβανε τις γνωστικές ικανότητες που απαιτούνται για την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων (παράφραση, ανάλυση, έλεγχος, αναγνώριση). Με βάση τα αποτελέσματα, η κύρια μεταγνωστική στρατηγική που εφαρμόζουν οι μαθητές κατά την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων εμφανίζεται η ανάλυση του προβλήματος, όπου οι μαθητές ανακαλύπτουν λογικές σχέσεις ανάμεσα στα στοιχεία του προβλήματος και κάνουν υποθέσεις για τη λύση του. Επιπλέον, με τη χρήση αυτού του κωδικού χάρτη, οι ερευνητές διέκριναν διαφορές ως προς τις

μεταγνωστικές ικανότητες και τον τρόπο προσέγγισης των προβλημάτων ανάμεσα στους μαθητές με καλές, μέτριες και χαμηλές μαθηματικές επιδόσεις.

Τέλος, αξίζει να επισημανθεί η έρευνα των Bannert & Mengelkamp (2008), στην οποία μελετήθηκε η σχέση των μεταγνωστικών στρατηγικών των μαθητών με τον τρόπο μάθησης και τα μαθησιακά τους επιτεύγματα. Οι συμμετέχοντες μαθητές χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες με βάση τον τρόπο προσέγγισης των διδακτικών δραστηριοτήτων. Οι μαθητές της πρώτης ομάδας, που ήταν η ομάδα ελέγχου, εργάζονταν ελεύθερα πάνω στο υλικό που τους δινόταν. Οι μαθητές της δεύτερης και της τρίτης ομάδας εργάζονταν κατά τη μαθησιακή διαδικασία με τη χρήση της μεθόδου «Σκέφτομαι Μεγαλόφωνα». Η κάθε ομάδα, όμως, εργάστηκε με διαφορετικό τρόπο. Οι μαθητές της δεύτερης ομάδας καλούνταν να διαβάζουν και να σκέφτονται πάνω στη δραστηριότητα που διεκπεραιώναν (think aloud group), ενώ αντίθετα οι μαθητές της τρίτης ομάδας καλούνταν να αναστοχάζονται πάνω στη σκέψη τους, να εξηγούν και να αιτιολογούν τη στρατηγική με την οποία προσέγγιζαν τη δραστηριότητα (reflect when prompted group). Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής, οι μαθητές της τρίτης ομάδας (reflect when prompted group) σημείωσαν καλύτερα μαθησιακά επιτεύγματα σε σχέση με τους υπόλοιπους μαθητές. Το πιο σημαντικό στοιχείο, ωστόσο, που φαίνεται να αναδεικνύεται από την έρευνα αυτή αφορά στη χρήση της μεθόδου «Σκέφτομαι Μεγαλόφωνα» στον χώρο της εκπαίδευσης. Πιο συγκεκριμένα, η μέθοδος αυτή μπορεί να αξιοποιηθεί κατά τη διάρκεια της μαθησιακής διαδικασίας τόσο για τους ικανούς μαθητές, αλλά κυρίως για τους μαθητές με γνωστικές και μεταγνωστικές αδυναμίες. Μάλιστα, η τρίτη μορφή της προφορικής περιγραφής της σκέψης, ο αναστοχασμός, εμφανίζεται ως μια σημαντική μέθοδος εργασίας που μπορεί να εφαρμοστεί σε προγράμματα παρέμβασης για την ενίσχυση των γνωστικών και μεταγνωστικών στρατηγικών των μαθητών, καθώς παρακινεί τα παιδιά να αναστοχαστούν πάνω σε στις γνώσεις και τις σκέψεις τους και γενικότερα πάνω στον τρόπο με τον οποίο μαθαίνουν (Bannert & Mengelkamp, 2008).

Το κοινό σημείο στο οποίο καταλήγουν οι παραπάνω έρευνες αφορά στη σημαντικότητα της μεθόδου του «σκέφτομαι μεγαλόφωνα» τόσο για ερευνητικούς όσο και για διδακτικούς σκοπούς. Η συγκεκριμένη μέθοδος παρέχει πλούσιες πληροφορίες για τις γνωστικές και μεταγνωστικές διαδικασίες που ενεργοποιούν τα άτομα κατά την επίλυση σύνθετων γνωστικών έργων, όπως είναι η επίλυση σύνθετων

μαθηματικών προβλημάτων. Έτσι, τόσο οι ερευνητές όσο και οι εκπαιδευτικοί έχουν πρόσβαση στις διαδικασίες που συμβαίνουν στο μυαλό των μαθητών, αλλά κυρίως στις διαφορετικές στρατηγικές, είτε επιτυχημένες είτε λανθασμένες, που εφαρμόζουν οι μαθητές και διαφοροποιούν την επίδοσή τους στα γνωστικά έργα. Επομένως, η εν λόγω μέθοδος αποτελεί μία μέθοδο αρχικής, διαμορφωτικής, ακόμα και τελικής αξιολόγησης των μεταγνωστικών και εκτελεστικών λειτουργιών των μαθητών. Είναι ιδιαίτερα σημαντικός ο διαμορφωτικός της χαρακτήρας, καθώς μέσα από την εφαρμογή της, ο εκπαιδευτικός μπορεί να εντοπίσει τις γνωστικές αδυναμίες των μαθητών του και να τους παρέχει την κατάλληλη ανατροφοδότηση, εξειδικεύοντας τη μαθησιακή διαδικασία στις ατομικές τους ανάγκες και παρέχοντας στον καθένα τη δική του «ζώνη επικείμενης ανάπτυξης» (Ozcan, Imamoglu & Bayrakli, 2017, Rosenzweig, Krawec & Montague, 2011, Jacobse & Harskamp, 2012).

5. Σκοπός και Ερευνητικά ερωτήματα

Οι εκτελεστικές λειτουργίες αποτελούν μία ομάδα ανώτερων γνωστικών ικανοτήτων που επιτρέπουν στο άτομο να οργανώνει τη συμπεριφορά του και να προσαρμόζεται στο περιβάλλον του. Πλήθος ερευνών δείχνει ότι οι εκτελεστικές λειτουργίες είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την ομαλή ενσωμάτωση και την επιτυχή ολοκλήρωση της σχολικής ζωής των μαθητών (Blair, 2002, Blair & Razza, 2007). Οι εκτελεστικές λειτουργίες αναπτύσσονται σημαντικά την περίοδο των σχολικών χρόνων, καθώς οι μαθητές συμμετέχουν σε ένα οργανωμένο και απαιτητικό μαθησιακό περιβάλλον, ενώ παράλληλα θέτουν τις βάσεις για την ανάπτυξη συμπεριφορών και ικανοτήτων που κρίνονται σημαντικές για την κατάκτηση της μάθησης (Blair & Diamond, 2008, Angel, 2010).

Επιπλέον, στη σύγχρονη βιβλιογραφία περιλαμβάνονται αρκετές έρευνες που μελετούν τη σχέση των εκτελεστικών λειτουργιών με τις ακαδημαϊκές επιδόσεις των μαθητών στα επιμέρους γνωστικά αντικείμενα (Altemeier et al., 2008, Cantin et al., 2016, Kotsopoulos & Lee, 2012). Με βάση τα αποτελέσματα αυτών, φαίνεται ότι οι εκτελεστικές λειτουργίες σχετίζονται σε σημαντικότερο βαθμό με τις μαθηματικές ικανότητες (Clements, Samara & Germeroth, 2016, Bull & Scerif, 2001, St. Clair-Thompson & Gathercole, 2006, Brock et al., 2009) και πιο συγκεκριμένα με την ικανότητα της επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων. Καθώς οι μαθητές καλούνται να επιλύσουν σύνθετα και γνωστικά απαιτητικά προβλήματα, ενεργοποιούν μεταγνωστικές ικανότητες (Best et al., 2011, Fuhs et al., 2010, Jogi & Kikas, 2016). Μάλιστα, σύμφωνα με τους Bull & Scerif (2001), η επίλυση ενός μαθηματικού προβλήματος είναι δυνατό να προσεγγιστεί ως έργο εκτελεστικού ελέγχου, στα πλαίσια του οποίου οι επιμέρους εκτελεστικές λειτουργίες οδηγούν στην επίλυση του προβλήματος. Η προσέγγιση αυτή δίνει τη δυνατότητα να μελετηθούν οι δυνατότητες και οι δυσκολίες των μαθητών όταν καλούνται να επιλύσουν σύνθετα μαθηματικά προβλήματα και να συνδεθούν αυτές με συγκεκριμένες εκτελεστικές λειτουργίες (Kotsopoulos & Lee, 2012).

Μέσα στα πλαίσια αυτά, έχουν αναπτυχθεί εκπαιδευτικές παρεμβάσεις και εκπαιδευτικά προγράμματα που θέτουν ως στόχο τους την ενίσχυση των εκτελεστικών λειτουργιών αφενός και αφετέρου των μαθησιακών επιτευγμάτων (Diamond & Lee, 2011, Meltzer, 2010, Dias & Seabra, 2017, Clements, Samara & Germeroth, 2016).

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, με την παρούσα ερευνητική εργασία επιχειρείται να μελετηθεί η δυνατότητα καλλιέργειας των εκτελεστικών λειτουργιών των μαθητών μέσα από ένα πρόγραμμα παρέμβασης βασισμένο στη χρήση της διαμορφωτικής αξιολόγησης κατά την επίλυση σύνθετων μαθηματικών προβλημάτων. Επιπλέον, στα πλαίσια της εργασίας αυτή μελετάται εάν ένα πρόγραμμα παρέμβασης που έχει ως στόχο του την καλλιέργεια των εκτελεστικών λειτουργιών ενισχύει παράλληλα και τη μαθηματική ικανότητα των μαθητών. Με βάση τους δύο παραπάνω σκοπούς, τίθενται τα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

1. Υπάρχουν διαφορές στις μετρήσεις των εκτελεστικών λειτουργιών (εργαζόμενη μνήμη, έλεγχος αναστολής, γνωστική ευελιξία) ανάμεσα στους μαθητές της ομάδας παρέμβασης και τους μαθητές της ομάδας ελέγχου μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος παρέμβασης;
2. Υπάρχει διαφορά στη μέτρηση της μαθηματικής ικανότητας ανάμεσα στους μαθητές της ομάδας παρέμβασης και τους μαθητές της ομάδας ελέγχου μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος παρέμβασης;
3. Υπάρχει επίδραση του προγράμματος παρέμβασης στις μετρήσεις των εκτελεστικών λειτουργιών;
4. Υπάρχει επίδραση του προγράμματος παρέμβασης στη μέτρηση της μαθηματικής ικανότητας;

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Μέθοδος

1.1. Δείγμα

Στην παρούσα έρευνα συμμετείχαν συνολικά 75 μαθητές από το Πρότυπο Πειραματικό Δημοτικό Σχολείο Μαρασλείου του Δήμου Αθηναίων. Οι συμμετέχοντες μαθητές φοιτούσαν στα δύο τμήματα της Δ' τάξης του Δημοτικού σχολείου και στα δύο τμήματα της Στ' τάξης του Δημοτικού σχολείου. Με σκοπό τη μελέτη των ερευνητικών ερωτημάτων χωρίστηκαν σε δύο μεγάλες ομάδες, την ομάδα παρέμβασης (ΟΠ) και την ομάδα ελέγχου (ΟΕ). Το πρώτο τμήμα της Δ' τάξης και της Στ' τάξης αποτέλεσε την ομάδα παρέμβασης και το δεύτερο τμήμα των δύο τάξεων ήταν η ομάδα ελέγχου.

Λαμβάνοντας υπόψη την ηλικία των μαθητών που συμμετείχαν στην έρευνα, το δείγμα χωρίστηκε παράλληλα σε δύο ηλικιακές ομάδες, την ομάδα των μικρότερων σε ηλικία μαθητών και την ομάδα των μεγαλύτερων σε ηλικία μαθητών. Την πρώτη ομάδα συνιστούν οι μαθητές της Δ' τάξης με ηλικία τα 10 έτη, ενώ την ομάδα των μεγαλύτερων σε ηλικία μαθητών αποτελούν οι μαθητές της Στ' τάξης με ηλικία τα 12 έτη. Η συμμετοχή των μαθητών ήταν εθελοντική με απαραίτητη προϋπόθεση την ενημέρωση των γονέων για τους σκοπούς και τη μέθοδο της έρευνας και τη δική τους συγκατάθεση.

Από τους 75 μαθητές, το τελικό δείγμα αποτέλεσαν οι 72 μαθητές λόγω απουσίας τριών μαθητών στη διάρκεια της παρέμβασης. Από τους 72 μαθητές του δείγματος, τριάντα οχτώ μαθητές συνιστούν την ομάδα παρέμβασης και οι υπόλοιποι τριάντα τέσσερις μαθητές ανήκουν στην ομάδα ελέγχου.

Αναλυτικότερα, από τους 38 μαθητές της ομάδας παρέμβασης, οι 15 μαθητές φοιτούσαν στη Δ' τάξη του Δημοτικού (ηλικίας 10 χρονών), ενώ οι 23 φοιτούσαν στη Στ' τάξη του Δημοτικού (ηλικίας 12 ετών). Επίσης, από τους 34 μαθητές της ομάδας ελέγχου, οι 21 μαθητές φοιτούσαν στη Δ τάξη του Δημοτικού (ηλικίας 10 ετών) και 13 μαθητές φοιτούσαν στη Στ' τάξη του Δημοτικού (ηλικίας 12 ετών).

Πίνακας 1: Κατανομή του δείγματος ως προς την ομάδα και την ηλικία

		συχνότητα	ποσοστό
Ομάδα	Μαθητές 10 ετών	15	39, 47%
Παρέμβασης	Μαθητές 12 ετών	23	60, 52%
	Σύνολο μαθητών ομάδας	38	52, 8%
Ομάδα	Μαθητές 10 ετών	21	61, 76%
Ελέγχου	Μαθητές 12 ετών	13	38, 23%
	Σύνολο μαθητών ομάδας	34	47, 2 %

1.2. Ερευνητικά Εργαλεία

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας μελετήθηκαν οι τρεις εκτελεστικές λειτουργίες (εργαζόμενη μνήμη, έλεγχος αναστολής, γνωστική ευελιξία) και η μαθηματική ικανότητα. Η εκτελεστική λειτουργία της εργαζόμενης μνήμης μετρήθηκε με την λεκτική κλίμακα «Μνήμη Αριθμών» του Ελληνικού WISC – III, ενώ ο έλεγχος αναστολής και η γνωστική ευελιξία μετρήθηκαν μέσα από ειδικά ηλεκτρονικά προγράμματα (computerized tests). Τέλος, για την αξιολόγηση της μαθηματικής ικανότητας των μαθητών χορηγήθηκε μία γραπτή δοκιμασία με μαθηματικά προβλήματα. Η συμπλήρωση των ερευνητικών εργαλείων ήταν ατομική και ανώνυμη για τον κάθε μαθητή.

1.2.1 Διαδικασίες προμέτρησης

1.2.1.1. Εργαζόμενη Μνήμη

Για τη μέτρηση της μνήμης εργασίας, οι συμμετέχοντες μαθητές συμπλήρωσαν τη λεκτική κλίμακα του Ελληνικού WISC – III «Μνήμη Αριθμών». (Georgas, Paraskevoudopoulos, Besevegis & Giannitsas, 1997). Η συγκεκριμένη δοκιμασία αποτελείται από δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος διαβάζονται διαδοχικά στο παιδί 8 σειρές με αριθμούς. Οι αριθμοί σταδιακά αυξάνονται ως προς το πλήθος τους, ξεκινώντας με 3 αριθμούς ανά σειρά και φτάνοντας ως τους 9 αριθμούς ανά σειρά . Το παιδί πρέπει να επαναλαμβάνει τους αριθμούς με την ίδια σειρά, με την οποία τους άκουσε (ευθεία επανάληψη). Στο δεύτερο μέρος διαβάζονται στο παιδί 7 σειρές με αριθμούς, οι οποίοι σταδιακά αυξάνονται ως προς το πλήθος τους με όμοιο τρόπο

όπως στο πρώτο μέρος. Το παιδί πρέπει να επαναλαμβάνει τους αριθμούς αντίστροφα, ξεκινώντας από τον τελευταίο αριθμό που άκουσε και καταλήγοντας στον πρώτο (αντίστροφη επανάληψη). Κάθε σειρά αριθμών αποτελείται από δύο προσπάθειες. Αν το παιδί επιτύχει και στις δύο προσπάθειες της σειράς, βαθμολογείται με 2, ενώ αν ολοκληρώσει μόνο την πρώτη προσπάθεια βαθμολογείται με 1. Στην περίπτωση που ο μαθητής δεν επιτύχει και στις δύο προσπάθειες της σειράς, η δοκιμασία διακόπτεται. Ωστόσο, το δεύτερο μέρος της αντίστροφης επανάληψης χορηγείται και στην περίπτωση που ο μαθητής δεν ολοκληρώσει όλες τις σειρές του πρώτου μέρους. Η επίδοση του μαθητή στη δοκιμασία αυτή προκύπτει από το άθροισμα της επίδοσής του και στην ευθεία και στην αντίστροφη επανάληψη και κυμαίνεται από 0 έως 30 βαθμοί. Η υψηλή επίδοση στις δοκιμασίες μνήμης δείχνει υψηλή ικανότητα μνήμης. Η συνολική διάρκεια του τεστ (πρώτο και δεύτερο μέρος) είναι 10 λεπτά.

1.2.1.2. Έλεγχος Αναστολής

Η μέτρηση της εκτελεστικής λειτουργίας του ελέγχου αναστολής, έγινε μέσω ηλεκτρονικής δοκιμασίας που χορηγήθηκε ειδικά για τους σκοπούς της συγκεκριμένης δοκιμασίας από το Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Ψυχολογίας του Τμήματος Ψυχολογίας του Πανεπιστημίου της Κρήτης (Σίμος & Βλαστού, 2011). Η δοκιμασία αυτή εκτιμά την ικανότητα αναστολή μίας αυθόρμητης κινητικής απόκρισης σε οπτικό ερέθισμα. Η δοκιμασία που εκτελείται στον υπολογιστή περιλαμβάνει μία σειρά οπτικών ερεθισμάτων που παρουσιάζονται με ρυθμό 1 - 2 δευτ. στο κέντρο της οθόνης. Τα ερεθίσματα συνίσταται σε 60 στιγμιότυπα από την ταινία κινουμένων σχεδίων Fantasia 2000 και διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: ευκρινείς εικόνες (με συχνότητα 30%) και οπτικά αλλοιωμένες εικόνες (70% των εικόνων). Ο εξεταζόμενος καλείται να απαντήσει με το πάτημα ενός κουμπιού στο ποντίκι μόνο όταν η εικόνα είναι αλλοιωμένη ("δεν βγάζει νόημα"). Η δοκιμασία τρέχει στο πρόγραμμα DMDX το οποίο καταγράφει τον αριθμό των σωστών και λανθασμένων απαντήσεων καθώς και το χρόνο απόκρισης σε κάθε ερέθισμα. Για τον σκοπό της παρούσας εργασίας υπολογίστηκε ο δεύτερος δείκτης, ο οποίος αξιολογεί τη δυσκολία του υποκειμένου να αναστείλει τις αυθόρμητες απαντήσεις του ώστε να μην διαπράξει λανθασμένες απαντήσεις. Όσο υψηλότερα αποτελέσματα σημειώσει ο

μαθητής, τόσο μεγαλύτερη δυσκολία ελέγχου αναστολής έχει. Η χορήγηση της δοκιμασίας αυτής ήταν ατομική και η διάρκειά της ήταν 5 λεπτά.

1.2.1.3. Γνωστική Ευελιξία

Για τη μέτρηση της εκτελεστικής λειτουργίας της γνωστικής ευελιξίας, χορηγήθηκε η ηλεκτρονική εκδοχή του Wisconsin Card Sorting Task (WCST), το Berg Card Sorting Test (BCST) (Fox, Mueller, Gray, Rabers & Piper (2013). Πρόκειται για ένα ειδικό λογισμικό πρόγραμμα, το οποίο παρέχεται από το Psychology Experiment Building Language (PEBL) για νευροψυχολογικές μετρήσεις. Η συγκεκριμένη δοκιμασία αποτελείται από 128 κάρτες, οι οποίες εμφανίζονται στην οθόνη του υπολογιστή. Οι κάρτες διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το σχήδιο (τρίγωνο, αστέρι, σταυρός, κύκλος), ως προς το χρώμα (κόκκινο, κίτρινο, πράσινο, μπλε) και ως προς το πλήθος των σχεδίων που απεικονίζουν (από 1 έως 4 σχέδια). Στο επάνω μέρος της οθόνης υπάρχουν τέσσερις κάρτες, οι οποίες παραμένουν σταθερές και δεν εναλλάσσονται καθ' όλη τη διάρκεια της δοκιμασίας. Στο κάτω μέρος της οθόνης εναλλάσσονται κάρτες, τις οποίες οι μαθητές πρέπει να ταιριάζουν με μία από τις σταθερές κάρτες, σύμφωνα με ένα συγκεκριμένο κριτήριο (σχέδιο, χρώμα ή πλήθος σχεδίων) κάθε φορά. Ο μαθητής δεν γνωρίζει εκ των προτέρων το κριτήριο – κανόνα, σύμφωνα με το οποίο πρέπει να ταιριάζει τις κάρτες, αλλά το ανακαλύπτει μέσα από πιθανές δοκιμές και λάθη, καθώς επίσης και από την ανατροφοδότηση που δέχεται από το λογισμικό. Όταν το κριτήριο - κανόνας είναι σωστό, εμφανίζεται στην οθόνη του υπολογιστή η λέξη «correct» και τότε ο μαθητής πρέπει να συνεχίζει να ταιριάζει τις επόμενες κάρτες με βάση αυτό το κριτήριο και μέχρι αυτό να αλλάξει. Όταν το κριτήριο – κανόνας δεν είναι σωστό ή όταν αυτό αλλάζει, τότε εμφανίζεται στην οθόνη του υπολογιστή η λέξη «incorrect». Τότε ο μαθητής πρέπει να δοκιμάσει έναν νέο κανόνα, μέχρι να εντοπίσει τον σωστό, οπότε θα εμφανιστεί στην οθόνη η λέξη «correct». Ο κανόνας, με βάση τον οποίο ο μαθητής ταιριάζει τις κάρτες, αλλάζει κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας χωρίς να το γνωρίζει ο μαθητής. Η δοκιμασία ολοκληρώνεται είτε όταν ο μαθητής έχει ολοκληρώσει σωστά 9 γύρους καρτών είτε όταν έχει εξαντλήσει όλες τις κάρτες. Για τον σκοπό της παρούσας ερευνητικής εργασίας αξιοποιήθηκαν οι δείκτες των σωστών απαντήσεων και των συνολικών λαθών. Περισσότερες σωστές απαντήσεις δείχνουν μεγαλύτερη γνωστική ευελιξία, ενώ αντίθετα περισσότερα λάθη δείχνουν αδυναμίες στη γνωστική

ευελιξία (Fox, Mueller, Gray, Raber & Piper, 2013). Η δοκιμασία αυτή είναι ατομική και ολοκληρώνεται σε περίπου 5 λεπτά.

1.2.1.4. Μαθηματική Ικανότητα

Η Μαθηματική Ικανότητα των μαθητών μετρήθηκε μέσα από μια γραπτή δοκιμασία με 5 μαθηματικά προβλήματα αυξανόμενης δυσκολίας. Καθώς δεν υπάρχουν στα ελληνικά σταθμισμένα εργαλεία για τη μέτρηση της μαθηματικής ικανότητας παιδιών δημοτικού σχολείου, τα προβλήματα της συγκεκριμένης δοκιμασίας αντλήθηκαν από τον διεθνή μαθηματικό διαγωνισμό Kangaroo Contest ύστερα από προφορική άδεια.

Λαμβάνοντας υπόψη την κατηγοριοποίηση των μαθηματικών προβλημάτων με βάση την ηλικία που εφαρμόζει ο συγκεκριμένος διαγωνισμός, σχεδιάστηκαν δύο διαφορετικές μαθηματικές δοκιμασίες για τους μαθητές κάθε σχολικής τάξης. Οι μαθητές της Δ' τάξης κλήθηκαν να επιλύσουν διαφορετικά μαθηματικά προβλήματα από τους μαθητές της Στ' τάξης, τα οποία αντιστοιχούν στο διαφορετικό περιεχόμενο του προγράμματος σπουδών των δύο τάξεων. Ο μέγιστος βαθμός για τη Μαθηματική Ικανότητα είναι 22 πόντοι, όπου το 0 αντιστοιχεί σε μηδενικό επίπεδο Μαθηματικής Ικανότητας και το 22 σε άριστο επίπεδο Μαθηματικής Ικανότητας. Η δοκιμασία αυτή είναι ατομική και ολοκληρώνεται σε 45 λεπτά.

1.2.2. Διαδικασίες μεταμέτρησης

Οι δοκιμασίες μεταμέτρησης χορηγήθηκαν στους συμμετέχοντες μαθητές μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος παρέμβασης. Ειδικότερα, οι μετρήσεις που αφορούν στις τρεις εκτελεστικές λειτουργίες χορηγήθηκαν ακριβώς με τον ίδιο τρόπο και με τα ίδια ερευνητικά εργαλεία, όπως ακριβώς χορηγήθηκαν οι προμετρήσεις.

Μόνο η μεταμέτρηση της Μαθηματικής Ικανότητας ήταν διαφορετική από την αντίστοιχη προμέτρηση ως προς το περιεχόμενό της. Πιο συγκεκριμένα, η δοκιμασία της μεταμέτρησης περιλάμβανε 5 μαθηματικά προβλήματα αυξανόμενης δυσκολίας, παρμένα από τον διεθνή μαθηματικό διαγωνισμό Kangaroo Contest, τα οποία ήταν διαφορετικά από αυτά που περιλάμβανε η διαδικασία της προμέτρησης. Ωστόσο, όπως ακριβώς και στην προμέτρηση, έτσι και στη μεταμέτρηση λήφθηκε υπόψη το αναλυτικό περιεχόμενο σπουδών για το μάθημα των Μαθηματικών για τις δύο τάξεις των συμμετεχόντων μαθητών. Για αυτό σχεδιάστηκαν δύο δοκιμασίες

μεταμέτρησης που διέφεραν μόνο ως προς το επίπεδο δυσκολίας των μαθηματικών προβλημάτων, ώστε αυτές να αντιστοιχούν στην ηλικία των συμμετεχόντων. Ο μέγιστος βαθμός για τη Μαθηματική Ικανότητα είναι 22 πόντοι, όπου το 0 αντιστοιχεί σε μηδενικό επίπεδο Μαθηματικής Ικανότητας και το 22 σε άριστο επίπεδο Μαθηματικής Ικανότητας. Η δοκιμασία αυτή είναι ατομική και ολοκληρώνεται σε 45 λεπτά.

1.3. Διαδικασία

1.3.1. Περιγραφή των τρόπων διασφάλισης της ανωνυμίας και της προστασίας των μαθητών

Η χορήγηση των ερευνητικών εργαλείων καθώς και τα μέσα συλλογής δεδομένων ήταν ανώνυμα. Για τον σκοπό αυτό, πριν την έναρξη της ερευνητικής διαδικασίας ενημερώθηκαν ο διευθυντής, οι εκπαιδευτικοί, οι γονείς και οι ίδιοι οι μαθητές για τον σκοπό και τη διαδικασία της παρούσας ερευνητικής εργασίας. Επισημάνθηκε ότι η συμμετοχή των μαθητών ήταν προαιρετική και ανώνυμη και για το σκοπό αυτό ο κάθε μαθητής θα κωδικοποιηθεί με έναν τυχαίο αριθμό. Παράλληλα, χορηγήθηκε στους γονείς και τους κηδεμόνες των μαθητών το ειδικό έντυπο συγκατάθεσης, σύμφωνα με το οποίο επέτρεπαν στα παιδιά τους να συμμετάσχουν στην συγκεκριμένη έρευνα.

1.3.2. Περιγραφή της χορήγησης των δοκιμασιών

Η ερευνητική διαδικασία πραγματοποιήθηκε τον Απρίλιο και τον Μάιο του 2017 στα τέσσερα τμήματα του Πειραματικού Δημοτικού Σχολείου του Δήμου Αθηναίων και πραγματοποιήθηκε σε τρεις φάσεις, αφού πρώτα δόθηκε η απαιτούμενη άδεια και συγκατάθεση από τον διευθυντή και τους γονείς των μαθητών.

Κατά την πρώτη φάση της ερευνητικής διαδικασίας, οι μαθητές των δύο τάξεων χωρίστηκαν σε ομάδα παρέμβασης και σε ομάδα ελέγχου. Καθώς οι δύο τάξεις αποτελούνται από δύο τμήματα η καθεμία, ύστερα από συζήτηση με τον κάθε εκπαιδευτικό και με βάση το δικό του ωρολόγιο πρόγραμμα, επιλέχθηκαν τα δύο τμήματα της πειραματικής ομάδας και τα δύο τμήματα της ομάδας ελέγχου. Έτσι, η ομάδα παρέμβασης αποτελείται από ένα τμήμα της Δ' τάξης και ένα τμήμα της Στ' τάξης και κατά τον ίδιο τρόπο η ομάδα ελέγχου. Έπειτα, χορηγήθηκαν σε όλες τις ομάδες οι δοκιμασίες προ – μέτρησης (pretest) με τον ακόλουθο τρόπο: την πρώτη

μέρα χορηγήθηκαν οι μετρήσεις για τις εκτελεστικές λειτουργίες της μνήμης, του ελέγχου αναστολής και της γνωστικής ευελιξίας και τη δεύτερη μέρα χορηγήθηκε η μέτρηση της μαθηματικής ικανότητας των μαθητών. Η φάση αυτή επαναλήφθηκε με τον ίδιο τρόπο και στα τέσσερα τμήματα και διήρκησε περίπου 1 εβδομάδα.

Στη δεύτερη φάση της έρευνας συμμετείχαν μόνο οι δύο ομάδες παρέμβασης. Το περιεχόμενο της παρεμβατικής διαδικασίας παρουσιάζεται αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο. η διάρκεια της παρέμβασης ήταν 4 εβδομάδες.

Στο τρίτο στάδιο της ερευνητικής διαδικασίας συμμετείχαν όλες οι ομάδες (ομάδα παρέμβασης και ελέγχου), καθώς χορηγήθηκαν οι ίδιες δοκιμασίες που χορηγήθηκαν κατά την πρώτη φάση (μετρήσεις για τις εκτελεστικές λειτουργίες και μέτρηση της μαθηματικής ικανότητας). Οι μετρήσεις μετά την παρέμβαση (μετά – μετρήσεις / posttest) χορηγήθηκαν ξεχωριστά για κάθε τμήμα με τον ίδιο τρόπο, όπως χορηγήθηκαν στο πρώτο στάδιο της έρευνας και διήρκησαν περίπου 1 εβδομάδα.

1.3. 3. Περιγραφή της παρέμβασης

Στο πρόγραμμα παρέμβασης συμμετείχαν οι μαθητές των δύο πειραματικών ομάδων της Δ' και Στ' τάξης ($N = 36$). Το πρόγραμμα περιλάμβανε 12 συνεδρίες, οι οποίες οργανώθηκαν σε 3 εβδομαδιαίες συναντήσεις ξεχωριστά για κάθε τάξη. Οι συναντήσεις γίνονταν κατά τη διάρκεια του σχολικού προγράμματος και εντός του σχολικού χώρου. Κύριος σκοπός του προγράμματος παρέμβασης ήταν να διερευνηθεί ο βαθμός στον οποίο οι μαθητές, μέσα από την επίλυση σύνθετων μαθηματικών προβλημάτων, μπορούν να μάθουν να χρησιμοποιούν και να ελέγχουν οι ίδιοι τις εκτελεστικές τους λειτουργίες και κατ' επέκταση να τις αναπτύξουν περισσότερο.

Κατά τη διάρκεια του προγράμματος παρέμβασης, οι μαθητές καλούνταν να επιλύσουν σύνθετα μαθηματικά προβλήματα καταγράφοντας και επεξηγώντας παράλληλα κάθε βήμα και κάθε πράξη που σκέφτονταν, ώστε να φτάσουν στη λύση του προβλήματος. Κάθε μαθηματικό πρόβλημα αποτελούσε μία δραστηριότητα και περιλάμβανε αρκετά επιμέρους στάδια μέχρι να επιλυθεί. Τα προβλήματα επιλέχθηκαν από εγχειρίδια που περιλαμβάνουν μαθηματικούς γρίφους σε παιγνιώδη μορφή, ώστε να είναι διασκεδαστικά για τους μαθητές, ενώ ταυτόχρονα συμβαδίζουν με το περιεχόμενο και τη στοχοθεσία του Αναλυτικού Προγράμματος Σπουδών για το μάθημα των Μαθηματικών στις συγκεκριμένες τάξεις (Christian, 2015, Λάμπρου & Σπανουδάκη, 2016). Έτσι, οι μαθητές της πειραματικής ομάδας της Δ' τάξης και της

Στ' τάξης κατά κανόνα εργάστηκαν σε διαφορετικά προβλήματα. Ωστόσο δόθηκαν ορισμένα κοινά προβλήματα, όταν κρίθηκε ότι αυτό είναι εφικτό.

Η υλοποίηση του προγράμματος παρέμβασης βασίστηκε στην εφαρμογή της μεθόδου «Σκέφτομαι Μεγαλόφωνα» (think – aloud method, Ericsson & Simon, 1993) καθώς και στο μοντέλο επίλυσης προβλήματος που έχει προταθεί από τον Polya (1957). Σε ό,τι αφορά τη μέθοδο «Σκέφτομαι Μεγαλόφωνα», εφαρμόστηκε η αναστοχαστική μορφή λεκτικοποίησης της σκέψης (introspection / reflection), καθώς αυτός ο τρόπος εξωτερίκευσης της σκέψης φαίνεται να συνδέεται τόσο με την ενίσχυση των γνωστικών και μεταγνωστικών ικανοτήτων όσο και των μαθησιακών επιτευγμάτων των μαθητών (Bannert & Mengelkamp, 2008, Kotsopoulos & Lee, 2012, Jacobse & Harskamp, 2012).

Για την επίλυση των μαθηματικών προβλημάτων, οι μαθητές εργάστηκαν ατομικά και καλούνταν να καταγράφουν κάθε βήμα που σκέφτονταν να εφαρμόσουν, να λεκτικοποιούν δηλαδή και να επεξηγούν αναλυτικά τη σκέψη τους, ώστε να οδηγηθούν στη λύση του προβλήματος. Οι οδηγίες που δόθηκαν στους μαθητές ήταν να σημειώνουν καθετί που σκέφτονταν, όταν εργάζονταν πάνω στα προβλήματα, να αιτιολογούν τη σκέψη τους και τις διαδικασίες που ακολουθούσαν, ενώ ταυτόχρονα τους επισημάνθηκε να μη σβήνουν τα λάθη τους, αλλά να τα ελέγχουν και να τα διορθώνουν σε διπλανό σημείο. Ο ρόλος του ερευνητή σε αυτή τη φάση ήταν καθαρά παρατηρητικός, ενώ έπρεπε να παρακινεί τους μαθητές να εφαρμόζουν τις οδηγίες, όταν έβλεπε ότι αυτοί σιωπούσαν.

Οι μαθητές, με βάση την επίδοσή τους στην προμέτρηση της μαθηματικής ικανότητας, χωρίστηκαν σε δύο ομάδες: α} σε αυτούς που η επίδοσή τους στη συγκεκριμένη μέτρηση ήταν άνω του μέσου όρου (ομάδα α) και β} σε αυτούς που η επίδοσή τους ήταν κάτω του μέσου όρου (ομάδα β). Η πρώτη ομάδα μαθητών εργαζόταν ατομικά, ενώ ελεγχόταν μόνο ως προς τη λύση του προβλήματος και τη σωστή εφαρμογή της μεθόδου.

Οι μαθητές της δεύτερης ομάδας δέχτηκαν εξατομικευμένη παρέμβαση. Ωστόσο, εξατομικευμένη παρέμβαση δέχτηκαν και οι μαθητές της πρώτης ομάδας, όταν δυσκολεύονταν στην επίλυση κάποιου προβλήματος.

1.3.4. Η εξατομικευμένη παρέμβαση

Όπως έχει σημειωθεί, κύριος σκοπός της συγκεκριμένης ερευνητικής εργασίας είναι η παρακολούθηση και περαιτέρω ενίσχυση των εκτελεστικών λειτουργιών των μαθητών μέσα από την ενασχόλησή τους με σύνθετα μαθηματικά προβλήματα. Για την επίτευξη των στόχων αυτών, ο ερευνητής:

Α} παρακολουθούσε τις εκτελεστικές λειτουργίες που ενεργοποιούσε ο μαθητής κατά την ενασχόλησή του με τα προβλήματα,

Β} εντόπιζε τις αδύνατες εκτελεστικές λειτουργίες που οδηγούσαν τον λύτη στη λανθασμένη επίλυση του προβλήματος και

Γ} επεξεργαζόταν μαζί με τον μαθητή στρατηγικές, ώστε ο μαθητής να καταστεί ικανός να αυτοελέγχει και να αυτοδιαχειρίζεται σωστά τις εκτελεστικές του λειτουργίες κατά την επίλυση γνωστικών προβλημάτων.

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, χρησιμοποιήθηκε ο κωδικός χάρτης (σχήμα 1) που έχει σχεδιαστεί από τους Kotsopoulos & Lee (2012). Ο συγκεκριμένος χάρτης αποτελεί οδηγό μελέτης των εκτελεστικών λειτουργιών και των γνωστικών στρατηγικών που απαιτούνται για τη σωστή επίλυση σύνθετων προβλημάτων. Πιο συγκεκριμένα, ο συγκεκριμένος χάρτης περιλαμβάνει αναλυτικά τις τέσσερις φάσεις επίλυσης προβλήματος, που προτείνονται από τον Polya (1957, στο Kotsopoulos & Lee, 2012) και τις γνωστικές στρατηγικές που περιλαμβάνει καθεμία από αυτές τις φάσεις. Το πιο σημαντικό, ωστόσο, είναι ότι οι φάσεις αυτές συνδέονται με καθεμία από τις τρεις εκτελεστικές λειτουργίες, την εργαζόμενη μνήμη, τον έλεγχο αναστολής και τη γνωστική ευελιξία. Αυτό το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του χάρτη επιτρέπει στους ερευνητές να συνδέουν τις εκτελεστικές λειτουργίες του μαθητή με τις γνωστικές στρατηγικές που εφαρμόζει κατά την επίλυση των προβλημάτων. Ιδιαίτερα στην περίπτωση που οι μαθητές παρουσιάζουν δυσκολίες ή αδυναμίες, ο χάρτης αυτός μπορεί να παρέχει πληροφορίες για τις εκτελεστικές λειτουργίες που χρειάζονται περαιτέρω ενίσχυση.

Σχήμα 1: Κωδικός χάρτης (Kotsopoulos & Lee, 2012)

1} Κατανόηση του προβλήματος	1 α} Δυσκολεύεται να ξεκινήσει να σκέφτεται πάνω στο πρόβλημα	Μνήμη Εργασίας
	1 β} Νιώθει αβέβαιος για το πώς θα συνεχίσει να επεξεργάζεται το πρόβλημα	Γνωστική Ευελιξία
	1 γ} Δε διαβάζει σωστά το πρόβλημα	Έλεγχος Αναστολής
2} Σχεδιασμός του πλάνου επίλυσης	2 α} Ασχολείται με ένα μόνο μέρος του προβλήματος (μερική προσέγγιση)	Μνήμη Εργασίας
	2 β} Προσεγγίζει λανθασμένα το πρόβλημα	Έλεγχος Αναστολής
	2 γ} Δυσκολεύεται να αναπαραστήσει με διαφορετικό τρόπο τα δεδομένα του προβλήματος	Γνωστική Ευελιξία
3} Εφαρμογή του πλάνου επίλυσης	3 α} Δεν είναι ξεκάθαρες οι μαθηματικές διαδικασίες που εφαρμόζονται	Μνήμη Εργασίας
	3 β} Οι μαθηματικές διαδικασίες δεν παρουσιάζονται με διαφορετικό τρόπο	Γνωστική Ευελιξία
	3 γ} Δεν είναι σωστές οι μαθηματικές διαδικασίες που εφαρμόζονται	Έλεγχος Αναστολής
4} Έλεγχος της επίλυσης του προβλήματος	4 α} Δεν ελέγχει τη λύση του προβλήματος	Μνήμη Εργασίας
	4 β} Δεν γνωρίζει πώς να ελέγξει τη λύση του προβλήματος	Γνωστική Ευελιξία
	4 γ} Η επίλυση του προβλήματος δεν είναι σωστή. Δεν αναγνώρισε τα λάθη του ύστερα από τον έλεγχο	Έλεγχος Αναστολής

Κάθε φορά που ο μαθητής δυσκολευόταν να προχωρήσει στην επίλυση του προβλήματος, ο ερευνητής αναγνώριζε στον κωδικό χάρτη σε ποιο στάδιο επίλυσης προβλήματος και σε ποια εκτελεστική λειτουργία εντοπιζόταν αυτή η αδυναμία. Με βάση την εκτελεστική λειτουργία στην οποία οφειλόταν η δυσκολία του μαθητή, δινόταν λεκτική ανατροφοδότηση στον μαθητή. Η ανατροφοδότηση ήταν χαρακτηριστική για κάθε εκτελεστική λειτουργία και περιλάμβανε συγκεκριμένες ερωτήσεις, που αντιστοιχούσαν στις αδυναμίες των μαθητών, που εμφανίζονται μέσα από τη βιβλιογραφία, να συνδέονται με τη συγκεκριμένη εκτελεστική λειτουργία (Kotsopoulos & Lee, 2012). Με τον τρόπο αυτό αναπτύχθηκε το πρωτόκολλο ανατροφοδότησης που δινόταν στους μαθητές, το οποίο περιλάμβανε ερωτήσεις που αντιστοιχούσαν σε μία συγκεκριμένη εκτελεστική λειτουργία, όπως επίσης και διδασκαλία συγκεκριμένων μεταγνωστικών στρατηγικών (Meltzer et al., 2007, Meltzer, 2014). Το πρωτόκολλο αυτό εξασφάλιζε ότι η ανατροφοδότηση που δινόταν στους μαθητές είναι ίδια.

Πιο συγκεκριμένα, οι ερωτήσεις, που συνιστούν το πρωτόκολλο της λεκτικής ανατροφοδότησης, παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω και συνδέονται με τις αδυναμίες των μαθητών που οφείλονται σε κάθε επιμέρους εκτελεστική λειτουργία:

Εργαζόμενη Μνήμη

Η εκτελεστική λειτουργία της εργαζόμενης μνήμης συνδέεται με την αδυναμία των μαθητών να κατανοήσουν τις πληροφορίες του προβλήματος και τις μαθηματικές έννοιες που αυτό περιλαμβάνει. Επίσης, αδυναμίες στη συγκεκριμένη εκτελεστική λειτουργία συνδέονται με τη δυσκολία των μαθητών να αναγνωρίσουν «από πού» και «πώς» να ξεκινήσουν να λύνουν ένα πρόβλημα. Η ανατροφοδότηση σε λάθη εργαζόμενης μνήμης για κάθε επιμέρους φάση του κωδικού χάρτη ήταν:

1} Δυσκολεύεται να ξεκινήσει να σκέφτεται πάνω στο πρόβλημα:

«Πώς το καταλαβαίνεις αυτό που διάβασες;»

«Τι σκέφτεσαι για το πρόβλημα αυτό;»

«Ποια στοιχεία του προβλήματος σε βοηθούν; Ποια στοιχεία του προβλήματος μπορείς να χρησιμοποιήσεις;»

2} Ασχολείται με ένα μόνο μέρος του προβλήματος (μερική προσέγγιση):

«Πιστεύεις ότι μόνο αυτά τα στοιχεία δίνει το πρόβλημα;»

«Έχεις αξιοποιήσει κάθε πληροφορία του προβλήματος;»

3} Δεν είναι ξεκάθαρες οι μαθηματικές διαδικασίες που εφαρμόζονται:

«Για ποιο λόγο ακολουθείς τη συγκεκριμένη διαδικασία;»

«Πώς συνδέεται αυτή η πράξη με τα στοιχεία του προβλήματος;»

4} Δεν ελέγχει τη λύση του προβλήματος:

«Πώς είσαι σίγουρος ότι έχεις επιλύσει σωστά το πρόβλημα;»

Έλεγχος Αναστολής

Η εκτελεστική λειτουργία του ελέγχου αναστολής φαίνεται να συνδέεται με τις αυτόματες μαθηματικές διαδικασίες, όπως είναι η εκτέλεση των μαθηματικών πράξεων και η χρήση μαθηματικών διαδικασιών. Η ανατροφοδότηση σε λάθη που οφείλονταν στον έλεγχο αναστολής σε κάθε επιμέρους φάση ήταν η εξής:

1} Δε διαβάζει σωστά το πρόβλημα:

«Είσαι σίγουρος για τα στοιχεία που δίνει το πρόβλημα;»

2} Προσεγγίζει λανθασμένα το πρόβλημα:

«Είσαι σίγουρος για το πλάνο αυτό που σκέφτηκες;»

«Εξήγησε τα στοιχεία που χρησιμοποιείς για το πλάνο αυτό»

3} Δεν είναι σωστές οι μαθηματικές διαδικασίες που εφαρμόζονται:

«Είσαι σίγουρος για αυτό που υπολόγισες;»

«Είσαι σίγουρος για τη μαθηματική διαδικασία που ακολούθησες;»

4} Η επίλυση του προβλήματος δεν είναι σωστή. Δεν αναγνώρισε τα λάθη του ύστερα από τον έλεγχο:

«Πρέπει να ελέγξεις πάλι το πλάνο επίλυσης. Το πρόβλημα δεν είναι σωστά λυμένο».

Γνωστική Ευελιξία

Η εκτελεστική λειτουργία της γνωστικής ευελιξίας αναφέρεται στον διαφορετικό τρόπο αναπαράστασης των πληροφοριών του προβλήματος και στον διαφορετικό τρόπο επίλυσής του. Η ανατροφοδότηση σε λάθη γνωστικής ευελιξίας για κάθε επιμέρους φάση ήταν:

1} Νιώθει αβέβαιος για το πώς θα συνεχίσει να επεξεργάζεται το πρόβλημα:

«Με ποιο διαφορετικό τρόπο μπορείς να σκεφτείς αυτό το πρόβλημα;»

«Μπορείς να διατυπώσεις το πρόβλημα με δικό σου τρόπο;»

2} Δυσκολεύεται να αναπαραστήσει τα δεδομένα του προβλήματος με διαφορετικό τρόπο: «Πώς αλλιώς θα μπορούσες να το σκεφτείς αυτό;» «Αν έπρεπε να το εξηγήσεις σε έναν συμμαθητή σου, πώς διαφορετικά θα το περιέγραφες;» «Ποιον άλλο διαφορετικό τρόπο μπορείς να χρησιμοποιήσεις για να περιγράψεις το πρόβλημα στον εαυτό σου;» 3} Οι μαθηματικές διαδικασίες δεν παρουσιάζονται με διαφορετικό τρόπο: «Με ποιον άλλο τρόπο μπορείς να διατυπώσεις αυτή τη διαδικασία;» «Με ποιον άλλο τρόπο μπορείς να εξηγήσεις τη σκέψη σου;» 4} Δεν γνωρίζει πώς να ελέγξει τη λύση του προβλήματος: «Μπορείς να το επιλύσεις με διαφορετικό τρόπο, ώστε να επιβεβαιώσεις τη λύση του;»

Παράλληλα με τη λεκτική ανατροφοδότηση, η εξατομικευμένη παρέμβαση περιλάμβανε και τη διδασκαλία μεταγνωστικών στρατηγικών, καθώς, όπως έχει επισημανθεί στο θεωρητικό μέρος της εργασίας, η διδασκαλία γνωστικών και μεταγνωστικών στρατηγικών (strategy instruction) επιτρέπει στα παιδιά με ελλείμματα στις εκτελεστικές τους λειτουργίες να αναπτύξουν τις γνωστικές και μεταγνωστικές τους στρατηγικές και να βελτιώσουν τις μαθησιακές τους επιδόσεις (Meltzer, 2007, 2014). Κάθε φορά που ο ερευνητής παρατηρούσε ότι ο μαθητής αδυνατούσε να επιλύσει το πρόβλημα ακόμα και μετά την παροχή της λεκτικής ανατροφοδότησης, προχωρούσε στη διδασκαλία των μεταγνωστικών στρατηγικών, η οποία ήταν συγκεκριμένη για κάθε εκτελεστική λειτουργία, έτσι όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Εργαζόμενη Μνήμη	1. Να σημειώνουν τις βασικές πληροφορίες του προβλήματος. 2. Να ξεχωρίζουν ποια είναι τα δεδομένα και ποια τα ζητούμενα του προβλήματος. 3. Να σχεδιάζουν ένα πιθανό πλάνο επίλυσης σημειώνοντας τα επιμέρους
------------------	--

	βήματα που πρέπει να ακολουθήσουν.
Έλεγχος Αναστολής	1. Να αναγνωρίζει παρόμοιες με το πρόβλημα προβληματικές καταστάσεις που ήδη έχει επιλύσει. 2. Να κάνει επαληθεύσεις πράξεων, ώστε να ελέγχει την ορθή λύση τους. 3. Να ανατρέχει στο πλάνο που έχει σχεδιάσει, ώστε να θυμάται και να ελέγχει την ορθή πορεία προς την επίλυση.
Γνωστική Ευελιξία	1. Να αποκωδικοποιεί τις μαθηματικές έννοιες που κρύβονται πίσω από τη γραπτή διατύπωση του προβλήματος. 2. Να σκέφτεται περισσότερους τρόπους επίλυσης του προβλήματος. 3. Να αποτυπώνει το πρόβλημα με διαφορετικό τρόπο (π.χ. σχεδιάγραμμα, ζωγραφιά). 4. Να αντικαθιστά τα μεγάλα νούμερα με μικρότερους αριθμούς, όταν δυσκολεύεται στην εκτέλεση των μαθηματικών πράξεων.

2. Αποτελέσματα

Στόχος της συγκεκριμένης ερευνητικής εργασίας ήταν να μελετηθεί η αποτελεσματικότητα ενός προγράμματος παρέμβασης βασισμένο στη διαμορφωτική αξιολόγηση κατά την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων στην καλλιέργεια των εκτελεστικών λειτουργιών των μαθητών σχολικής ηλικίας. Για επίτευξη του σκοπού αυτού χορηγήθηκαν στους μαθητές τέσσερα ερευνητικά εργαλεία σε δύο διαφορετικές χρονικές φάσεις, πριν και μετά το πρόγραμμα παρέμβασης. Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα, τα οποία προέκυψαν ύστερα από τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων μέσω του Στατιστικού Πακέτου SPSS – PASW Statistics 22.

2. 1. Περιγραφικά στοιχεία

Στον *Πίνακα 1* σημειώνονται οι Μέσοι Όροι και οι Τυπικές Αποκλίσεις που σημείωσαν οι μαθητές της ομάδας παρέμβασης και της ομάδας ελέγχου στις μετρήσεις των εκτελεστικών λειτουργιών και της μαθηματικής ικανότητας πριν την υλοποίηση του προγράμματος παρέμβασης.

Πίνακας 1: Μέσοι Όροι και Τυπικές Αποκλίσεις των μαθητών στις μετρήσεις των εκτελεστικών λειτουργιών και της μαθηματικής ικανότητας πριν την ολοκλήρωση του προγράμματος παρέμβασης

		μ.ο.	τ.α.
Μαθηματική ικανότητα	ΟΠ	9, 57	5, 74
	ΟΕ	8, 52	4, 16
Μνήμη Εργασίας	ΟΠ	13, 50	3, 49
	ΟΕ	14, 76	2, 80
Αδυναμία αναστολής	ΟΠ	1, 92	2, 96
	ΟΕ	1, 88	2, 17
Γνωστική Ευελιξία	ΟΠ	92, 18	15, 37
	ΟΕ	95, 08	11, 61
Λάθη γνωστικής ευελιξίας	ΟΠ	35, 39	15, 74
	ΟΕ	32, 59	11, 84

*σημείωση: ΟΠ = ομάδα παρέμβασης, ΟΕ= ομάδα ελέγχου

Στον Πίνακα 2 σημειώνονται οι Μέσοι Όροι και οι Τυπικές Αποκλίσεις που σημείωσαν οι μαθητές της ομάδας παρέμβασης και της ομάδας ελέγχου στις μετρήσεις των εκτελεστικών λειτουργιών και της μαθηματικής ικανότητας μετά την υλοποίηση του προγράμματος παρέμβασης.

Πίνακας 2: Μέσοι Όροι και Τυπικές Αποκλίσεις των μαθητών στις μετρήσεις των εκτελεστικών λειτουργιών και της μαθηματικής ικανότητας μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος παρέμβασης

		μ.ο.	τ.α.
Μαθηματική ικανότητα	ΟΠ	15, 61	4, 97
	ΟΕ	11, 35	7, 09
Μνήμη Εργασίας	ΟΠ	14, 13	3, 15
	ΟΕ	14, 47	2, 90
Αδυναμία αναστολής	ΟΠ	2, 52	3, 96
	ΟΕ	1, 61	3, 35
Γνωστική Ευελιξία	ΟΠ	93, 42	12, 73
	ΟΕ	91, 65	18, 28
Λάθη γνωστικής ευελιξίας	ΟΠ	32, 47	13, 96
	ΟΕ	35, 44	19, 03

*σημείωση: ΟΠ = ομάδα παρέμβασης, ΟΕ = ομάδα ελέγχου

2.2 Διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων στις αρχικές και τις τελικές μετρήσεις των εκτελεστικών λειτουργιών και της μαθηματικής ικανότητας

Για να διαπιστωθεί εάν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις δύο ομάδες των συμμετεχόντων στην αρχική και την τελική μέτρηση της μαθηματικής

ικανότητας και των εκτελεστικών λειτουργιών διενεργήθηκε t-test έλεγχος ανεξάρτητων δειγμάτων. Τα αποτελέσματα των αρχικών μετρήσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3 και τα αποτελέσματα των τελικών μετρήσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 3: Διαφορές των δύο ομάδων στις αρχικές μετρήσεις της μαθηματικής ικανότητας και των εκτελεστικών λειτουργιών

	Ομάδα Παρέμβασης		Ομάδα Ελέγχου		t - test	p
	μ.ο.	τ.α.	μ.ο.	τ.α.		
Μαθηματική ικανότητα	9, 57	5, 74	8, 52	4, 16	0, 88	0, 38
Μνήμη Εργασίας	13, 50	3, 49	14, 76	2, 80	-1, 68	0, 09
Αδυναμία αναστολής	1, 92	2, 96	1, 88	2, 17	0, 06	0, 95
Γνωστική Ευελιξία	92, 18	15, 37	95, 08	11, 61	-0, 89	0, 37
Λάθη γνωστικής ευελιξίας	35, 39	15, 74	32, 59	11, 84	0, 85	0, 40

Με βάση τον παραπάνω πίνακα δεν παρατηρούνται στατιστικών σημαντικές διαφορές των δύο ομάδων στις μετρήσεις της μαθηματικής ικανότητας και των εκτελεστικών λειτουργιών πριν την υλοποίηση του προγράμματος παρέμβασης.

Πίνακας 4: Διαφορές των δύο ομάδων στις τελικές μετρήσεις της μαθηματικής ικανότητας και των εκτελεστικών λειτουργιών

	Ομάδα Παρέμβασης		Ομάδα Ελέγχου		t - test	p
	μ.ο.	τ.α.	μ.ο.	τ.α.		
Μαθηματική ικανότητα	15, 61	4, 97	11, 35	7, 09	2, 92	0, 005*
Μνήμη Εργασίας	14, 13	3, 15	14, 47	2, 90	-0, 47	0,6
Αδυναμία αναστολής	2, 52	3, 96	1, 61	3, 35	1, 04	0, 30
Γνωστική Ευελιξία	93, 42	12, 73	91, 65	18, 28	0, 48	0, 63
Λάθη γνωστικής ευελιξίας	32, 47	13, 96	35, 44	19, 03	-0, 76	0, 45

*σημείωση: στατιστικά σημαντικό στο $p = 0, 005$

Με βάση τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες των συμμετεχόντων μαθητών στη Μαθηματική Ικανότητα ύστερα από την υλοποίηση του προγράμματος παρέμβασης [$t(58, 29) = 2, 92, p = 0, 005$].

2.3. Επίδραση του προγράμματος παρέμβασης στη μέτρηση της Μαθηματικής Ικανότητας και των Εκτελεστικών Λειτουργιών

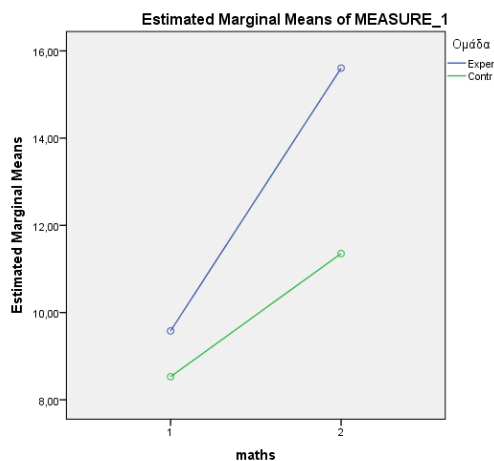
Προκειμένου να διαπιστωθεί η κύρια επίδραση του προγράμματος παρέμβασης στη μέτρηση της μαθηματικής ικανότητας πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) επαναλαμβανόμενων μετρήσεων για καθεμία από τις εξαρτημένες μεταβλητές της έρευνας (μαθηματική ικανότητα, εκτελεστικές λειτουργίες. Η ομάδα (ομάδα ελέγχου και ομάδα παρέμβασης) μπήκαν ως ο

παράγοντας ανάμεσα στις ομάδες των μαθητών (between- subjects factor) και ο χρόνος συμπλήρωσης του τεστ (πριν την παρέμβαση και μετά την παρέμβαση) ως ο εντός των δύο ομάδων παράγοντας (within – subjects factor).

2.3.1 Αλληλεπίδραση της ομάδας με τη μέτρηση της Μαθηματικής ικανότητας

Αναφορικά με τη μαθηματική ικανότητα, η αλληλεπίδραση του παράγοντα χρόνου (πριν το πρόγραμμα παρέμβασης και μετά το πρόγραμμα παρέμβασης) με την ομάδα βρέθηκε οριακά στατιστικά σημαντική [$F(1, 70) = 3,81, p = 0,055$, $partial \eta^2 = 0,52$.](Γράφημα 1).

Γράφημα 1: Αλληλεπίδραση της ομάδας με τη μέτρηση της Μαθηματικής Ικανότητας



Για να διερευνήσουμε καλύτερα την αλληλεπίδραση εκτελέσαμε έλεγχο t-paired samples για κάθε πειραματική ομάδα ξεχωριστά. Τα αποτελέσματα (Πίνακας 5) έδειξαν ότι υπήρξε στατιστικά σημαντική βελτίωση της μαθηματικής ικανότητας των μαθητών μετά το πρόγραμμα παρέμβασης και στην ομάδα παρέμβασης [$t(37) = 6,36, p < 0,001$] και στην ομάδα ελέγχου [$t(33) = 2,05, p = 0,05$].

Πίνακας 5: Έλεγχος t-paired samples για κάθε πειραματική ομάδα ξεχωριστά για τη Μαθηματική Ικανότητα

	M.O.	T.A.	t	df	p
Ομάδα	-6, 02	5, 84	-6, 36	37	0, 000***
Παρέμβασης					
Ομάδα	-2, 82	8, 01	-2, 05	33	0, 05*
Ελέγχου					

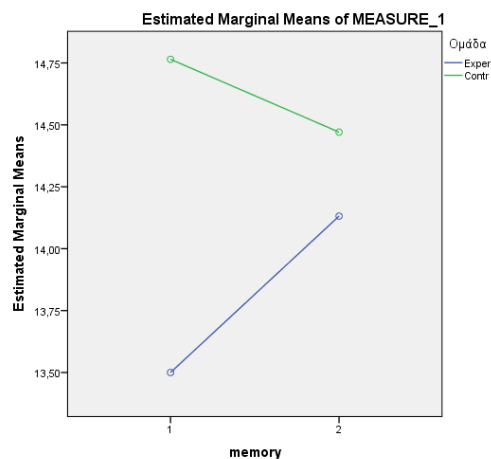
*στατιστικά σημαντικό στο $p = 0,005$

***στατιστικά σημαντικό στο $p < 0,001$

2.3.2. Αλληλεπίδραση της ομάδας με τη μέτρηση της Εργαζόμενης Μνήμης

Αναφορικά με τη μέτρηση της εργαζόμενης μνήμης, η αλληλεπίδραση του παράγοντα χρόνου (πριν το πρόγραμμα παρέμβασης και μετά το πρόγραμμα παρέμβασης) με την ομάδα δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική [$F(1, 70) = 1,61, p = 0,21$, $partial \eta^2 = 0,023$] (Γράφημα 2)

Γράφημα 2: Αλληλεπίδραση της ομάδας με τη μέτρηση της Εργαζόμενης Μνήμης

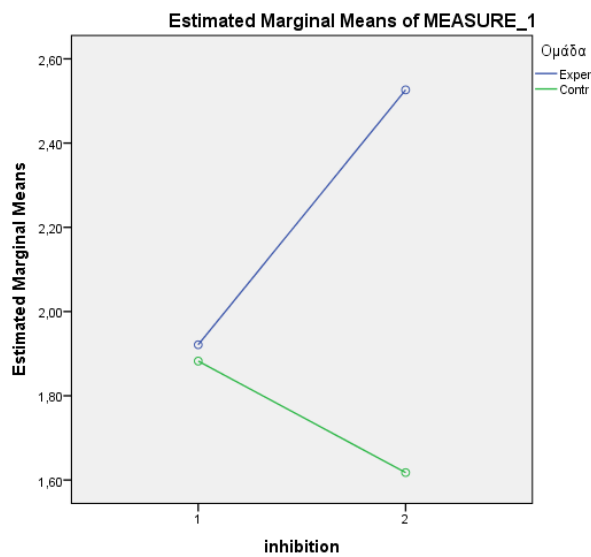


2.3.3. Αλληλεπίδραση της ομάδας με τη μέτρηση του Ελέγχου Αναστολής

Αναφορικά με τη μέτρηση του ελέγχου αναστολής, η αλληλεπίδραση του παράγοντα χρόνου (πριν το πρόγραμμα παρέμβασης και μετά το πρόγραμμα παρέμβασης) με την ομάδα δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική [$F(1, 70) = 0,66, p = 0,42$,

$partial \eta^2 = 0,000$] (Γράφημα 3)

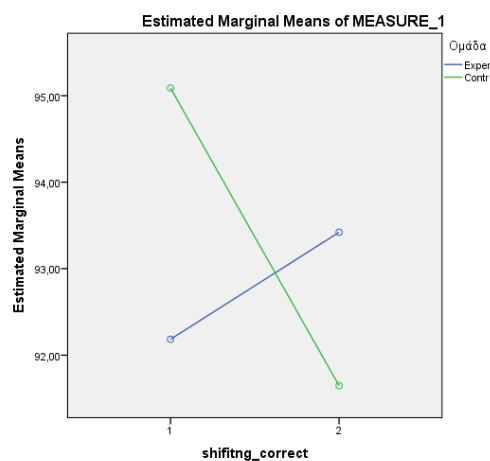
Γράφημα 3: Αλληλεπίδραση της ομάδας με τη μέτρηση του Ελέγχου Αναστολής



2.3.4. Αλληλεπίδραση της ομάδας με τη μέτρηση της Γνωστικής Ευελιξίας

Αναφορικά με τη μέτρηση της γνωστικής ευελιξίας, η αλληλεπίδραση του παράγοντα χρόνου (πριν το πρόγραμμα παρέμβασης και μετά το πρόγραμμα παρέμβασης) με την ομάδα δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική [$F(1, 70) = 1,85, p = 0,18$, $partial \eta^2 = 0,26$] (Γράφημα 4)

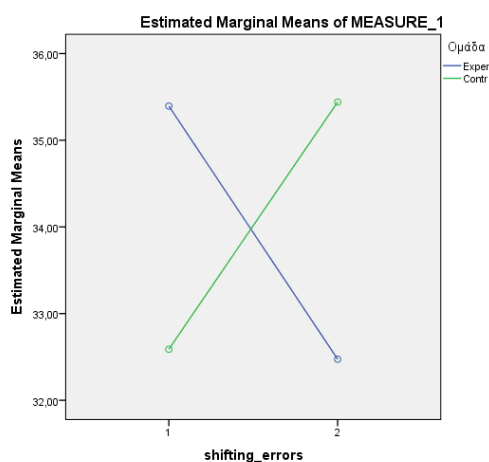
Γράφημα 4: Αλληλεπίδραση της ομάδας με τη μέτρηση της Γνωστικής Ευελιξίας



2.3.5. Αλληλεπίδραση της ομάδας με τα λάθη Γνωστικής Ευελιξίας

Αναφορικά με τα λάθη γνωστικής ευελιξίας, η αλληλεπίδραση του παράγοντα χρόνου (πριν το πρόγραμμα παρέμβασης και μετά το πρόγραμμα παρέμβασης) με την ομάδα βρέθηκε στατιστικά σημαντική [$F(1, 70) = 2,81, p = 0,09, \text{partial } \eta^2 = 0,039$] (Γράφημα 5)

Γράφημα 5: Αλληλεπίδραση της ομάδας με τα λάθη Γνωστικής Ευελιξίας



3. Αξιολόγηση του προγράμματος παρέμβασης

Για την αξιολόγηση του προγράμματος παρέμβασης χορηγήθηκε άτυπα στους μαθητές της ομάδας παρέμβασης ένα ερωτηματολόγιο, το οποίο περιλάμβανε ερωτήσεις που ήταν κοινές για τους μαθητές και των δύο τάξεων της ομάδας παρέμβασης (Παράρτημα 1). Οι ερωτήσεις αυτές αξιολογούσαν πέντε βασικές διαστάσεις του προγράμματος:

- 1} τον βαθμό ικανοποίησης των μαθητών από τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα
- 2} τα στοιχεία του προγράμματος που οι μαθητές χαρακτηρίζουν ως αρεστά και μη αρεστά
- 3} τον βαθμό δυσκολίας του προγράμματος
- 4} τα σημεία στα οποία οι μαθητές πιστεύουν ότι βελτιώθηκαν ύστερα από τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα
- 5} τη γενικότερη συμβολή του προγράμματος στην ανάπτυξη των μεταγνωστικών και μαθηματικών ικανοτήτων των μαθητών

1} Ο βαθμός ικανοποίησης των μαθητών από τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα

Όσον αφορά στον βαθμό ικανοποίησης των μαθητών της ομάδας παρέμβασης από τη συμμετοχή τους στο παρεμβατικό πρόγραμμα, η πλειοψηφία αυτών δήλωσε ότι αισθάνονται αρκετά ικανοποιημένοι. Αναλυτικότερα, πολλοί μαθητές σημείωσαν ότι νιώθουν χαρούμενοι γιατί κατάφεραν να ξεπεράσουν τις δυνατότητές τους και να επιλύσουν δυσκολότερα μαθηματικά προβλήματα από αυτά που περιλαμβάνει το σχολικό τους εγχειρίδιο. Έτσι, μέσα από το πρόγραμμα της παρούσας εργασίας φαίνεται ότι ενισχύθηκε η αυτοπεποίθηση των μαθητών. Αξίζει να σημειωθεί ότι μερικοί μαθητές δήλωσαν ικανοποιημένοι από τη συμμετοχή τους, διότι είχαν για πρώτη φορά την ευκαιρία να συμμετάσχουν σε τέτοιου είδους πρόγραμμα, διαφορετικό από τα μέχρι τώρα σχολικά δεδομένα. Τέλος, ένας μικρός αριθμός μαθητών δεν έμεινε ευχαριστημένος από τη συμμετοχή του στο παρεμβατικό πρόγραμμα, διότι συνάντησε αρκετές δυσκολίες στην εκπλήρωση των κανόνων του προγράμματος.

«Αισθάνομαι χαρούμενος γιατί έλυσα προβλήματα δυσκολότερα από αυτά που είχε το βιβλίο».

«Αισθάνομαι υπερήφανη που συμμετέχω σε μία τόσο απαιτητική έρευνα γιατί πιστεύω πως ακόμα κι αν δυσκολεύτηκα, τα κατάφερα!».

«Αισθάνομαι πολλή χαρά γιατί έμαθα τις δυνατότητές μου και τώρα ξέρω μέχρι που μπορώ να φτάσω».

«Για αυτή την έρευνα νιώθω χαρά γιατί την έκανα πρώτη φορά».

Αντίθετα,

«Δε μου άρεσε ο τρόπος που κάναμε την έρευνα, γιατί δε με βόλεψε να γράφω τη γνώμη μου».

«Δε μου άρεσε, γιατί ήταν δύσκολο το γράψιμο της σκέψης».

2} Τα στοιχεία του προγράμματος που οι μαθητές χαρακτηρίζουν ως αρεστά και μη αρεστά

Η πλειοψηφία των μαθητών της ομάδας παρέμβασης χαρακτήρισε το πρόγραμμα στο σύνολό του ως αρκετά ενδιαφέρον. Πιο αναλυτικά, πολλοί μαθητές εξέφρασαν την άποψη ότι το πρόγραμμα παρέμβασης είχε ανώτερο βαθμό δυσκολίας, στοιχείο που τους ενθάρρυνε να επεξεργαστούν σε βάθος τα μαθηματικά προβλήματα και να αναπτύξουν τις εκτελεστικές τους λειτουργίες.

«Στο πρόγραμμα αυτό μου άρεσε ότι έλυνα δυσκολότερα προβλήματα και ότι, γράφοντας τη σκέψη μου, έμαθα να μη βιάζομαι και να κατανοώ καλύτερα το πρόβλημα».

«Σε αυτό το πρόγραμμα μου άρεσε ότι μας έδειχνε καινούργιους τρόπους να λύνουμε προβλήματα γιατί αυτό με βοήθησε».

Μέσα από την ενασχόλησή τους με απαιτητικά μαθηματικά προβλήματα, οι μαθητές εξασκήθηκαν στον μαθηματικό τρόπο σκέψης και αγάπησαν το μάθημα των Μαθηματικών.

«Μου άρεσαν όλα τα πράγματα που έκανα γιατί ακόνισα το μυαλό μου».

«Μου άρεσαν πολύ τα προβλήματα γιατί σε έβαζαν να σκεφτείς».

«Μου άρεσαν τα προβλήματα γιατί ήταν δύσκολα και αυτό με βοήθησε γενικώς στα Μαθηματικά».

«Μου άρεσε πολύ που αγάπησα τα Μαθηματικά μέσα από τα προβλήματα που στην αρχή μου φαίνονταν δύσκολα. Δεν υπήρχε κάτι που να μη μου αρέσει στο πρόγραμμα».

«Ήταν πολύ ωραίο, διότι μας έβαλε στη διαδικασία εξάσκησης του μυαλού μας και διατύπωσης της σκέψης μας».

Ένα ακόμα στοιχείο του προγράμματος που φαίνεται ότι κέρδισε το ενδιαφέρον και την προσοχή των μαθητών αφορά στη διατύπωση των προβλημάτων. Τα προβλήματα χαρακτηρίζονται από τους μαθητές ως «έξυπνα», «παιχνιδιάρικα» και «ωραία διατυπωμένα», στοιχείο που εξασφάλιζε την ολοκλήρωση της διαδικασίας επίλυσής τους.

«Σε αυτό το πρόγραμμα δεν υπήρχε κάτι που δε μου άρεσε. Τα προβλήματα ήταν έξυπνα, καθώς και ωραία διατυπωμένα».

«Μου άρεσε ότι μας έβαζαν διασκεδαστικά προβλήματα και σε προκαλούσαν να σκεφτείς τις λεπτομέρειες. Δεν υπήρχε κάτι που να μη μου αρέσει».

Ωστόσο, οι απόψεις των μαθητών για τη διαδικασία λεκτικοποίησης και αιτιολόγησης της σκέψης κατά την επίλυση των μαθηματικών προβλημάτων, που αποτελεί βασικό στοιχείο του προγράμματος παρέμβασης, δίδονται. Οι περισσότεροι μαθητές δήλωσαν ότι η λεκτικοποίηση της σκέψης τους δυσκόλευε αρκετά για την επίλυση των προβλημάτων.

«Δε με βοηθούσε να γράφω τη γνώμη μου».

«Δε μου άρεσε γιατί η σκέψη ήταν δύσκολη».

«Δε μου άρεσε γιατί τα προβλήματα ήταν δύσκολα και έπρεπε να γράφεις τη σκέψη σου».

Από την άλλη πλευρά,

«Μου άρεσε που πρέπει να εξηγήσουμε τη σκέψη μας».

«Μου άρεσε ότι γράφαμε τη σκέψη μας».

3} Ο βαθμός δυσκολίας του προγράμματος

Ως προς τον βαθμό δυσκολίας του προγράμματος παρέμβασης, οι περισσότεροι μαθητές υποστήριζαν ότι αυτό ήταν αρκετά δύσκολο. Πιο συγκεκριμένα, η διαδικασία λεκτικοποίησης της σκέψης καθώς και το είδος των προβλημάτων επισημαίνονται ως τα στοιχεία εκείνα, στα οποία οι περισσότεροι μαθητές συνάντησαν δυσκολίες.

«Δύσκολα μου φάνηκαν μερικά προβλήματα, αλλά πιστεύω πως με λίγη περισσότερη δουλειά τα κατάφερα τέλεια».

«Δυσκολεύτηκα ότι έπρεπε να γράφω ολόκληρη τη σκέψη μου. Αυτό με καθυστερούσε».

«Η σκέψη μου φάνηκε δύσκολη»

«Υπήρχαν κάποια προβλήματα τα οποία μου φάνηκαν αρκετά δύσκολα μιας και είχαν πολλά δεδομένα»

Ωστόσο, οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν στο είδος των προβλημάτων, που αξιοποιήθηκαν στα πλαίσια του προγράμματος παρέμβασης, διαφέρουν, καθώς αρκετοί μαθητές σημείωσαν ότι ήταν εύκολα. Αξίζει, όμως να σημειωθεί, ότι υπήρχαν μαθητές που ανέφεραν ότι τα προβλήματα ήταν δύσκολα στην αρχή, ύστερα όμως από προσεκτική επεξεργασία, επιλύονταν πιο εύκολα.

«Μου φάνηκαν εύκολα τα προβλήματα, όταν τα τελείωνα, αλλά δυσκολεύομαι όταν τα άρχιζα».

«Στην αρχή τα προβλήματα μου φαίνονταν δύσκολα, αλλά μετά τα έλυνα πανεύκολα».

«Στην αρχή είχα δυσκολευτεί λίγο στα προβλήματα, αλλά μετά βελτιωνόμουν».

4} Τα σημεία στα οποία οι μαθητές πιστεύουν ότι βελτιώθηκαν ύστερα από τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα

Ερωτώμενοι οι μαθητές την άποψή τους για το εάν βελτιώθηκαν ή όχι ύστερα από τη συμμετοχή τους στο παρεμβατικό πρόγραμμα, η πλειοψηφία αυτών απάντησε θετικά στην ερώτηση αυτή. Πιο αναλυτικά, οι μαθητές υποστήριξαν την πεποίθηση ότι βελτιώθηκαν τόσο στην επίλυση μαθηματικών προβλημάτων όσο και στην ανάπτυξη μεταγνωστικών ικανοτήτων.

«Πιστεύω ότι έγινα καλύτερος στις πράξεις, στο να μη βιάζομαι και στο να κατανοώ καλύτερα την εκφώνηση του προβλήματος».

«Με βοήθησε γιατί στην αρχή πίστευα ότι τα προβλήματα θα ήταν εύκολα. Αλλά αφού τα διάβαζα, δεν τα καταλάβαινα. Άρα το πρόβλημά μου ήταν η βιασύνη».

«Πιστεύω ότι έγινα καλύτερος στο να βρίσκω διαφορετικούς τρόπους για να λύσω ένα πρόβλημα».

«Πιστεύω ότι με βοήθησε γιατί γράφοντας τη σκέψη μου έβρισκα άλλους τρόπους για να λύνω τα προβλήματα και έγινα καλύτερη στο να συγκρατώ στο μυαλό μου τα δεδομένα του προβλήματος».

«Πιστεύω ότι εξασκήθηκα στις πράξεις και στο να αποκωδικοποιώ τα στοιχεία του προβλήματος».

«Βελτιώθηκα πολύ στην κατανόηση προβλημάτων γιατί σε αυτό το κομμάτι ήμουν αρκετά αδύναμη».

«Με βοήθησε πολύ γιατί εγώ δεν αγαπώ τα Μαθηματικά τόσο πολύ. Με βοήθησε να τα καταλάβω και να τα λύσω καλύτερα. Ο τρόπος σκέψης μου άλλαξε και έμαθα τρόπους να φτάνω στη λύση ευκολότερα. Επίσης πιστεύω ότι έγινα καλύτερα στο να υπολογίζω τις πράξεις».

Θα πρέπει ωστόσο να επισημανθεί η άποψη ορισμένων μαθητών, οι οποίοι παρ' όλο που δεν νιώθουν ότι βελτιώθηκαν σε κάποιον τομέα, όμως εξασκήθηκαν πάνω στην επίλυση μαθηματικών προβλημάτων.

«Πιστεύω ότι δεν έγινα καλύτερη, αλλά εξασκήθηκα και αυτό θα με βοηθήσει να γίνω καλύτερη μετά».

5} Η γενικότερη συμβολή του προγράμματος στην ανάπτυξη των μεταγνωστικών και μαθηματικών ικανοτήτων των μαθητών

Σε σχέση με τη γενικότερη συμβολή του προγράμματος παρέμβασης στην ανάπτυξη των μεταγνωστικών και μαθηματικών ικανοτήτων των μαθητών, οι απαντήσεις των μαθητών αφορούν κατά κύριο λόγο τον τρόπο επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων. Πολλοί μαθητές σημείωσαν ότι μέσα από τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα έμαθαν να κατανοούν καλύτερα ένα μαθηματικό πρόβλημα, να σκέφτονται διαφορετικούς τρόπους επεξεργασίας του, όπως επίσης και να αποτυπώνουν τα δεδομένα του προβλήματος με οπτικές αναπαραστάσεις, ακόμα και να ελέγχουν και να συγκρατούν τον εαυτό τους από παρορμητικά λάθη κατά την επεξεργασία του.

«Από αυτό το πρόγραμμα θα κρατούσα σαν συμβουλή να μη βιάζομαι, να κατανοώ καλύτερα το πρόβλημα και πάντα στο τέλος να το ξανακοιτάω και να κάνω επαλήθευση στις πράξεις μου».

«Έμαθα ότι θα πρέπει να διαχειρίζομαι σωστά τη βιασύνη μου σε άλλα προβλήματα».

«Έμαθα ότι όταν κάτι με δυσκολεύει να το ξανασκέφτομαι και να μη βιάζομαι».

«Δε βιαζόμαστε όταν κάνουμε μαθηματικά. Δε σταματάμε με την πρώτη δυσκολία».

«Όταν δεν μπορώ να λύσω ένα πρόβλημα, να αλλάζω τον τρόπο σκέψης».

«Θα θυμάμαι πάντα να ελέγχω το πρόβλημα και τη λύση του».

«Το να ζωγραφίζω ένα πρόβλημα».

4. Συμπεράσματα

4.1. Σχολιασμός αποτελεσμάτων

Ο βασικός σκοπός της παρούσας ερευνητικής εργασίας ήταν να διαπιστωθεί η δυνατότητα καλλιέργειας των εκτελεστικών λειτουργιών της εργαζόμενης μνήμης, του ελέγχου αναστολής και της γνωστικής ευελιξίας μαθητών σχολικής ηλικίας μέσα από ένα πρόγραμμα παρέμβασης βασισμένο στη διαμορφωτική αξιολόγηση κατά την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων. Επιπλέον, επιχειρήθηκε να μελετηθεί εάν ένα πρόγραμμα παρέμβασης που έχει ως στόχο του την καλλιέργεια των εκτελεστικών λειτουργιών ενισχύει παράλληλα και τη μαθηματική ικανότητα των μαθητών.

Τα αποτελέσματα των ερευνών που μελετούν την αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών προγραμμάτων και παρεμβάσεων για την καλλιέργεια των εκτελεστικών λειτουργιών είναι αντικρουόμενα μεταξύ τους. Από τη μία πλευρά υπάρχουν έρευνες που υποστηρίζουν ότι οι εκτελεστικές λειτουργίες ενισχύονται (Diamond, 2012, Diamond & Lee, 2011, Meltzer, 2011, 2010, Dias & Seabra, 2015, 2017), από την άλλη πλευρά όμως υπάρχουν έρευνες που δείχνουν μικρή ή καθόλου επίδραση των προγραμμάτων αυτών στην ανάπτυξη των εκτελεστικών λειτουργιών (Jacob & Parkinson, 2014, Poulou, 2012, Wilson & Farran, 2012, Farran & Wilson, 2014). Μέσα στα πλαίσια αυτά, τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας έδειξαν ότι οι εκτελεστικές λειτουργίες της εργαζόμενης μνήμης, του ελέγχου αναστολής και της γνωστικής ευελιξίας δεν είναι δυνατό να καλλιεργηθούν μέσα από ένα πρόγραμμα παρέμβασης βασισμένο στην επίλυση μαθηματικών προβλημάτων. Το εύρημα αυτό συμφωνεί με το μέρος εκείνο των ερευνών που υποστηρίζουν ότι οι εκτελεστικές λειτουργίες δεν αναπτύσσονται περαιτέρω μέσα από εκπαιδευτικές παρεμβάσεις.

Όσον αφορά στον δεύτερο στόχο της εργασίας αυτής που αφορά στην ενίσχυση της μαθηματικής ικανότητας των μαθητών μέσα από ένα πρόγραμμα παρέμβασης για τις εκτελεστικές λειτουργίες, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές δουλεύοντας πάνω στις εκτελεστικές τους λειτουργίες μπορούν να βελτιώσουν τις μαθηματικές τους επιδόσεις. Το εύρημα αυτό συμφωνεί με προηγούμενες έρευνες που δείχνουν τη στενή σχέση των εκτελεστικών λειτουργιών με τις μαθηματικές ικανότητες (Clements et al., 2016, Brock et al., 2009, Bull & Scerif, 2001, St.Clair-Thompson & Gathercole, 2006). Αυτό συμβαίνει διότι η κατάκτηση των μαθηματικών ικανοτήτων και κυρίως αυτή της επίλυσης σύνθετων μαθηματικών προβλημάτων απαιτεί την ενεργοποίηση ανώτερων γνωστικών και

μεταγνωστικών ικανοτήτων, όπως είναι οι εκτελεστικές λειτουργίες (Agostino et al., 2010, Fuhs et al., 2014). Παράλληλα, εκπαιδευτικά προγράμματα που έχουν αναπτυχθεί σε μαθητές με εκτελεστικές δυσλειτουργίες και θέτουν ως στόχο την καλλιέργεια των μεταγνωστικών τους ικανοτήτων δείχνουν σημαντικές βελτιώσεις των μαθηματικών επιδόσεων των μαθητών (Meltzer, 2010, 2011, Iseman & Naglieri, 2011).

Τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής συμφωνούν με τα ευρήματα της ερευνητικής εργασίας της Hermida και των συνεργατών της (2015). Σύμφωνα με αυτά, η συμμετοχή των παιδιών σε εκπαιδευτικές παρεμβάσεις που θέτουν ως στόχο την ενίσχυση των εκτελεστικών λειτουργιών των μαθητών, παρόλο που δεν αποφέρει σημαντικές βελτιώσεις σε αυτές, ωστόσο ενισχύει τις γλωσσικές και τις μαθηματικές επιδόσεις των μαθητών.

Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο που προκύπτει από την εργασία αυτή αφορά στη στρατηγική του «σκέφτομαι μεγαλόφωνα» ως μορφή διαμορφωτικής αξιολόγησης στην επίλυση μαθηματικών προβλημάτων. Αρκετές έρευνες (Montague et al., 2011, Ostad & Sorenson, 2007, Jacobse & Harskamp, 2012) αναδεικνύουν τη συγκεκριμένη στρατηγική ως την πλέον κατάλληλη μέθοδο για τη μελέτη των γνωστικών και μεταγνωστικών ικανοτήτων που υποστηρίζουν την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων. Καθώς ο μαθητής καλείται να περιγράψει τις σκέψεις και τις στρατηγικές που ακολουθεί για να επιλύσει ένα σύνθετο μαθηματικό πρόβλημα, εξωτερικεύει τις μεταγνωστικές του διαδικασίες. Έτσι, δίνεται η δυνατότητα μελέτης και αξιολόγησης των μεταγνωστικών αυτών ικανοτήτων, όπως είναι οι εκτελεστικές λειτουργίες. Μάλιστα, στα πλαίσια παλαιότερης έρευνας επισημάνθηκε ότι η λεκτικοποίηση της σκέψης, που επιτυγχάνεται με την εφαρμογή της μεθόδου «σκέφτομαι μεγαλόφωνα», επιτρέπει στους μαθητές να αναπτύσσουν μεταγνωστικές στρατηγικές, να ελέγχουν και να κατευθύνουν οι ίδιοι τη σκέψη και την πορεία μάθησής τους (Montague et al., 2011).

Η ενίσχυση της μαθηματικής ικανότητας μέσα από πρόγραμμα παρέμβασης, στα πλαίσια του οποίου εφαρμόστηκε η μέθοδος του «σκέφτομαι μεγαλόφωνα» ως μορφή διαμορφωτικής αξιολόγησης, συμφωνεί με τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών (Ozcan et al., 2017, Rosenzweig et al., 2011). Ενδεικτική είναι η έρευνα των Ostad & Soreson (2007), η οποία έδειξε ότι η λεκτικοποίηση της σκέψης συνδέεται με την ανάπτυξη των μεταγνωστικών ικανοτήτων των μαθητών και με την επιτυχία

επίλυση μαθηματικών προβλημάτων. Παράλληλα, αξίζει να επισημανθεί η εργασία των Bannert & Mengelkamp (2008), στα πλαίσια της οποίας οι συμμετέχοντες μαθητές χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες και κάθε ομάδα εργάστηκε με διαφορετικό τρόπο πάνω στην επίλυση μαθηματικών προβλημάτων. Με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εργασία αυτή, οι μαθητές της τρίτης ομάδας, οι οποίοι καλούνταν να αναστοχάζονται πάνω στη σκέψη τους, να περιγράφουν και να αιτιολογούν τη στρατηγική που ακολουθούσαν για την επίλυση των προβλημάτων, σημείωσαν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σχέση με τους υπόλοιπους μαθητές.

Όσον αφορά στην αποτελεσματικότητα του προγράμματος παρέμβασης αξίζει να επισημανθούν οι απόψεις των συμμετεχόντων μαθητών, έτσι όπως αυτές καταγράφηκαν μέσα από το ερωτηματολόγιο. Το πρόγραμμα παρέμβασης που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της εργασίας αυτής βοήθησε τους μαθητές να ξεπεράσουν τις δυνατότητές τους, να συνειδητοποιήσουν τις στρατηγικές και τον τρόπο σκέψης με τον οποίο προσεγγίζουν ένα μαθηματικό πρόβλημα και να αναπτύξουν μεταγνωστικές ικανότητες επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων. Μέσα από τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα παρέμβασης οι μαθητές ένιωσαν ότι βελτίωσαν την ικανότητά τους να επιλύουν σύνθετα μαθηματικά προβλήματα, έμαθαν να σκέφτονται και να επεξεργάζονται τα μαθηματικά προβλήματα με διαφορετικούς τρόπους ώστε να οδηγηθούν στην επίλυσή τους. Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ότι είναι δυνατή η ανάπτυξη εκπαιδευτικών παρεμβάσεων μέσα στο εκπαιδευτικό χώρο, στα πλαίσια των οποίων σχεδιάζονται δραστηριότητες που πλαισιώνουν το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών (Clements et al., 2016). Μέσα από την υλοποίηση των εκπαιδευτικών αυτών δράσεων αξιοποιούνται τα ευρήματα που πηγάζουν από τις επιστημονικές μελέτες εμπλουτίζοντας τη μαθησιακή διαδικασία με νέες εκπαιδευτικές ιδέες και τεχνικές.

Οι μέχρι τώρα έρευνες που αναπτύσσονταν για τη μελέτη των εκτελεστικών λειτουργιών μέσα στον εκπαιδευτικό χώρο εστίαζαν στην ενίσχυση των μαθησιακών επιτευγμάτων των μαθητών μέσα από τις εκτελεστικές τους λειτουργίες. Ωστόσο, μέσα από τη βιβλιογραφία επισημαίνεται η ανάγκη για τη μελέτη της αντίστροφης κατεύθυνσης, εάν, δηλαδή, μέσα από την εκπαίδευση των μαθητών σε απαιτητικά γνωστικά μαθησιακά έργα είναι δυνατό να ενισχυθούν οι εκτελεστικές τους λειτουργίες (Clements et al., 2015 Clements & Sarama, 2011, Fuhs et al., 2014).

Λαμβάνοντας υπόψη τα νέα αυτά δεδομένα, αναπτύχθηκε η παρούσα ερευνητική εργασία, η οποία μελετά τη δυνατότητα καλλιέργειας των εκτελεστικών λειτουργιών μέσα από το γνωστικό αντικείμενο των Μαθηματικών. Καθώς οι μαθητές καλούνται να επιλύσουν σύνθετα μαθηματικά προβλήματα, συνειδητοποιούν ή ακόμα και αναπτύσσουν τις εκτελεστικές τους λειτουργίες. Για τον λόγο αυτό, η συγκεκριμένη ερευνητική εργασία διαφέρει από τις προηγούμενες που έχουν αναπτυχθεί στον εκπαιδευτικό χώρο και αποτελεί εφαλτήριο για την ανάπτυξη παρόμοιων ερευνών.

4.2. Περιορισμοί & προτάσεις για μελλοντικές έρευνες

Στα πλαίσια της παρούσας ερευνητικής εργασίας υλοποιήθηκε ένα πρόγραμμα παρέμβασης, το οποίο αξιοποίησε τις δυνατότητες της διαμορφωτικής αξιολόγησης κατά την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων. Με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν, παρ' όλο που οι εκτελεστικές λειτουργίες δεν είναι δυνατόν να καλλιεργηθούν, ωστόσο μέσα από προγράμματα που θέτουν ως στόχο τους την καλλιέργεια των μεταγνωστικών ικανοτήτων των μαθητών, ενισχύονται τα μαθησιακά τους αποτελέσματα. Επιπλέον, οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί που παρακολούθησαν στο πρόγραμμα παρέμβασης γνώρισαν τη σημαντική συμβολή της διαμορφωτικής αξιολόγησης και συγκεκριμένα της στρατηγικής «σκέφτομαι μεγάλωφωνα» για την ολοκλήρωση σύνθετων γνωστικών έργων.

Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι η παρούσα ερευνητική εργασία προσφέρει αρκετά ενδιαφέροντα στοιχεία για την εκπαιδευτική πράξη, θα πρέπει να σημειωθούν κάποιοι περιορισμοί που εμποδίζουν τη γενίκευση των συμπερασμάτων. Στους περιορισμούς αυτούς συγκαταλέγονται ο μικρός αριθμός των συμμετεχόντων, καθώς επίσης και ο περιορισμένος χρόνος διάρκειας του προγράμματος παρέμβασης. Για τον λόγο αυτό, προτείνεται η επανάληψη του συγκεκριμένου προγράμματος παρέμβασης σε μεγαλύτερο δείγμα μαθητών και για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Ένας ακόμα περιορισμός αφορά στο εργαλείο αξιολόγησης της μαθηματικής ικανότητας. Καθώς δεν υπάρχει επίσημο σταθμισμένο εργαλείο για τη μέτρηση της μαθηματικής ικανότητας παιδιών δημοτικού σχολείου στην Ελλάδα, για τη μέτρησή της αξιοποιήθηκαν προβλήματα από διεθνή μαθηματικό διαγωνισμό. Έτσι, προτείνεται η κατασκευή και η στάθμιση στα ελληνικά δεδομένα δοκιμασίας για τη μέτρηση της μαθηματικής ικανότητας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία

- Κολέζα, Ευγ. (2009). *Θεωρία και πράξη στη διδασκαλία των μαθηματικών*. Αθήνα: Τόπος.
- Κασσωτάκης, Μ. & Φλουρής, Γ. (2006). *Μάθηση και Διδασκαλία. Τόμος Α: Μάθηση*. Αθήνα: Γρηγόρης
- Μαριδάκη – Κασσωτάκη, Αικ. (2011). *Παιδαγωγική ψυχολογία*. Αθήνα: Διάδραση.
- Λάμπρου, Μ. & Σπανουδάκη, Ν.Κ. (2016). *Καγκουρό: Μαθηματικά για όλους*. (9): Καγκουρό
- Ρούσσος, Α. Π. & Τσαούσης, Γ. (2011). *Στατιστική στις επιστήμες της συμπεριφοράς με τη χρήση του SPSS*. Αθήνα: Τόπος
- Σίμος, Π. & Βλαστού, Κ. (2011). *Αυτοματοποιημένες δοκιμασίες επιτελικών λειτουργιών*. Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Ψυχολογίας, Τμήμα Ψυχολογίας, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Agostino, A., Johnson, J., & Pascual-Leone, J. (2010). Executive functions underlying multiplicative reasoning: Problem type matters. *Journal of experimental child psychology*, 105(4), 286-305.
- Altemeier, L. E., Abbott, R. D., & Berninger, V. W. (2008). Executive functions for reading and writing in typical literacy development and dyslexia. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 30(5), 588-606.
- Altemeier, L., Jones, J., Abbott, R. D., & Berninger, V. W. (2006). Executive functions in becoming writing readers and reading writers: Note taking and report writing in third and fifth graders. *Developmental neuropsychology*, 29(1), 161-173.
- Anderson, P. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child neuropsychology*, 8(2), 71-82.
- Andersson, U. (2007). The contribution of working memory to children's mathematical word problem solving. *Applied Cognitive Psychology*, 21(9), 1201-1216.
- Anghel, D. (2010). Executive function in preschool children: working memory as a predictor of mathematical ability at school age. *Revista Romaneasca pentru Educatie Multidimensionala*, 2(4), 5-16.

- Applebee, A. N., Langer, J. A., Nystrand, M., & Gamoran, A. (2003). Discussion-based approaches to developing understanding: Classroom instruction and student performance in middle and high school English. *American Educational Research Journal*, 40(3), 685-730.
- Ardila, A. (2008). On the evolutionary origins of executive functions. *Brain and cognition*, 68(1), 92-99.
- Banich, M. T. (2009). Executive function: The search for an integrated account. *Current Directions in Psychological Science*, 18(2), 89-94.
- Bannert, M., & Mengelkamp, C. (2008). Assessment of metacognitive skills by means of instruction to think aloud and reflect when prompted. Does the verbalisation method affect learning?. *Metacognition and Learning*, 3(1), 39-58.
- Barnett, W. S., Jung, K., Yarosz, D. J., Thomas, J., Hornbeck, A., Stechuk, R., & Burns, S. (2008). Educational effects of the Tools of the Mind curriculum: A randomized trial. *Early childhood research quarterly*, 23(3), 299-313.
- Best, J. R., & Miller, P. H. (2010). A developmental perspective on executive function. *Child development*, 81(6), 1641-1660.
- Best, J. R., Miller, P. H., & Naglieri, J. A. (2011). Relations between executive function and academic achievement from ages 5 to 17 in a large, representative national sample. *Learning and individual differences*, 21(4), 327-336.
- Black, P., & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability (formerly: Journal of Personnel Evaluation in Education)*, 21(1), 5.
- Black, P., & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability (formerly: Journal of Personnel Evaluation in Education)*, 21(1), 5.
- Black, P., McCormick, R., James, M., & Pedder, D. (2006). Learning how to learn and assessment for learning: A theoretical inquiry. *Research Papers in Education*, 21(02), 119-132.
- Blair, C. (2002). School readiness: Integrating cognition and emotion in a neurobiological conceptualization of children's functioning at school entry. *American psychologist*, 57(2), 111.

- Blair, C., & Diamond, A. (2008). Biological processes in prevention and intervention: The promotion of self-regulation as a means of preventing school failure. *Development and psychopathology*, 20(3), 899-911.
- Blair, C., & Razza, R. P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child development*, 78(2), 647-663.
- Blair, C., Knipe, H., & Gamson, D. (2008). Is there a role for executive functions in the development of mathematics ability?. *Mind, Brain, and Education*, 2(2), 80-89.
- Bock, A., Cartwright, K. B., Gonzalez, C., O'Brien, S., Robinson, M. F., Schmerold, K., & Pasnak, R. (2015). The role of cognitive flexibility in pattern understanding. *Journal of Education and Human Development*, 4(1), 19-25.
- Bodrova, E., & Leong, D. J. (2007). Tools of the mind. *Columbus, OH: Pearson*.
- Brock, L. L., Rimm-Kaufman, S. E., Nathanson, L., & Grimm, K. J. (2009). The contributions of 'hot' and 'cool' executive function to children's academic achievement, learning-related behaviors, and engagement in kindergarten. *Early Childhood Research Quarterly*, 24(3), 337-349.
- Bryce, D., Whitebread, D., & Szűcs, D. (2015). The relationships among executive functions, metacognitive skills and educational achievement in 5 and 7 year-old children. *Metacognition and Learning*, 10(2), 181-198.
- Bull, R., & Lee, K. (2014). Executive functioning and mathematics achievement. *Child Development Perspectives*, 8(1), 36-41.
- Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental neuropsychology*, 19(3), 273-293.
- Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental neuropsychology*, 33(3), 205-228.
- Cantin, R. H., Gnaedinger, E. K., Gallaway, K. C., Hesson-McInnis, M. S., & Hund, A. M. (2016). Executive functioning predicts reading, mathematics, and theory of mind during the elementary years. *Journal of experimental child psychology*, 146, 66-78.

- Cartwright, K. B. (2002). Cognitive development and reading: The relation of reading-specific multiple classification skill to reading comprehension in elementary school children. *Journal of Educational Psychology*, 94(1), 56.
- Cartwright, K. B. (2006). Fostering flexibility and comprehension in elementary students. *The reading teacher*, 59(7), 628-634.
- Charters, E. (2003). The use of think-aloud methods in qualitative research an introduction to think-aloud methods. *Brock Education Journal*, 12(2).
- Christian, L. (2015). Παιχνίδια Μαθηματικών. Αθήνα: Πατάκης
- Clark, C. A., Pritchard, V. E., & Woodward, L. J. (2010). Preschool executive functioning abilities predict early mathematics achievement. *Developmental psychology*, 46(5), 1176.
- Clark, I. (2012). Formative assessment: Assessment is for self-regulated learning. *Educational Psychology Review*, 24(2), 205-249.
- Cleary, T. J., & Zimmerman, B. J. (2004). Self-regulation empowerment program: A school-based program to enhance self-regulated and self-motivated cycles of student learning. *Psychology in the Schools*, 41(5), 537-550.
- Clements, D. H., & Sarama, J. (2011). Early childhood mathematics intervention. *Science*, 333(6045), 968-970.
- Clements, D. H., Sarama, J., & Germeroth, C. (2016). Learning executive function and early mathematics: Directions of causal relations. *Early Childhood Research Quarterly*, 36, 79-90.
- Corbett, B. A., Constantine, L. J., Hendren, R., Rocke, D., & Ozonoff, S. (2009). Examining executive functioning in children with autism spectrum disorder, attention deficit hyperactivity disorder and typical development. *Psychiatry research*, 166(2), 210-222.
- Cragg, L., & Gilmore, C. (2014). Skills underlying mathematics: The role of executive function in the development of mathematics proficiency. *Trends in Neuroscience and Education*, 3(2), 63-68.
- Diamond, A. (2012). Activities and programs that improve children's executive functions. *Current directions in psychological science*, 21(5), 335-341.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology*, 64, 135-168.
- Diamond, A. (2014). Executive functions: Insights into ways to help more children thrive. *Zero to three*, 35(2), 9-17.

- Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). Preschool program improves cognitive control. *Science (New York, NY)*, 318(5855), 1387.
- Diamond, A., & Lee, K. (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science*, 333(6045), 959-964.
- Dias, N. M., & Seabra, A. G. (2015). The promotion of executive functioning in a Brazilian public school: a pilot study. *The Spanish Journal of Psychology*, 18.
- Dias, N. M., & Seabra, A. G. (2017). Intervention for executive functions development in early elementary school children: effects on learning and behaviour, and follow-up maintenance. *Educational Psychology*, 37(4), 468-486.
- Drijbooms, E., Groen, M. A., & Verhoeven, L. (2015). The contribution of executive functions to narrative writing in fourth grade children. *Reading and writing*, 28(7), 989-1011.
- Duan, X., Wei, S., Wang, G., & Shi, J. (2010). The relationship between executive functions and intelligence on 11-to 12-year-old children. *Psychological Test and Assessment Modeling*, 52(4), 419-431.
- Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., ... & Sexton, H. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental psychology*, 43(6), 1428.
- Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1993). *Protocol analysis*. Cambridge, MA: MIT press.
- Farran, D., & Wilson, S. (2014). Achievement and self-regulation in pre-kindergarten classrooms: Effects of the Tools of the Mind curriculum. *Manuscript submitted for publication*.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive–developmental inquiry. *American psychologist*, 34(10), 906.
- Fox, C. J., Mueller, S. T., Gray, H. M., Raber, J., & Piper, B. J. (2013). Evaluation of a short-form of the Berg Card Sorting Test. *PloS one*, 8(5), e63885.
- Fuchs, L. S., Geary, D. C., Compton, D. L., Fuchs, D., Hamlett, C. L., & Bryant, J. D. (2010). The contributions of numerosity and domain-general abilities to school readiness. *Child development*, 81(5), 1520-1533.
- Fuhs, M. W., Nesbitt, K. T., Farran, D. C., & Dong, N. (2014). Longitudinal associations between executive functioning and academic skills across content areas. *Developmental Psychology*, 50(6), 1698.

- Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: a review using an integrative framework. *Psychological bulletin*, 134(1), 31.
- Gathercole, S. E., Alloway, T. P., Willis, C., & Adams, A. M. (2006). Working memory in children with reading disabilities. *Journal of experimental child psychology*, 93(3), 265-281.
- Geary, D. C. (2011). Cognitive predictors of achievement growth in mathematics: a 5-year longitudinal study. *Developmental psychology*, 47(6), 1539.
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., & DeSoto, M. C. (2004). Strategy choices in simple and complex addition: Contributions of working memory and counting knowledge for children with mathematical disability. *Journal of experimental child psychology*, 88(2), 121-151.
- Georgas, J., Paraskevopoulos, I. N., Besevegis, E., & Giannitsas, N. D. (1997). The Hellenic WISC-III. Athens: Psychometric Laboratory, University of Athens.
- Grant, D. A., & Berg, E. (1948). A behavioral analysis of degree of reinforcement and ease of shifting to new responses in a Weigl-type card-sorting problem. *Journal of experimental psychology*, 38(4), 404.
- Haddad, F. A., Garcia, Y. E., Naglieri, J. A., Grinditch, M., McAndrews, A., & Eubanks, J. (2003). Planning facilitation and reading comprehension: Instructional relevance of the PASS theory. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 21(3), 282-289.
- Hermida, M. J., Segretin, M. S., Prats, L. M., Fracchia, C. S., Colombo, J. A., & Lipina, S. J. (2015). Cognitive neuroscience, developmental psychology, and education: Interdisciplinary development of an intervention for low socioeconomic status kindergarten children. *Trends in Neuroscience and Education*, 4(1), 15-25.
- Hughes, C., & Graham, A. (2002). Measuring executive functions in childhood: Problems and solutions?. *Child and adolescent mental health*, 7(3), 131-142.
- Huizinga, M., Dolan, C. V., & van der Molen, M. W. (2006). Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, 44(11), 2017-2036.
- Iseman, J. S., & Naglieri, J. A. (2011). A cognitive strategy instruction to improve math calculation for children with ADHD and LD: A randomized controlled study. *Journal of Learning Disabilities*, 44(2), 184-195.

- Jacob, R., & Parkinson, J. (2015). The potential for school-based interventions that target executive function to improve academic achievement: A review. *Review of Educational Research*, 85(4), 512-552.
- Jacobse, A. E., & Harskamp, E. G. (2012). Towards efficient measurement of metacognition in mathematical problem solving. *Metacognition and Learning*, 7(2), 133-149.
- Jögi, A. L., & Kikas, E. (2016). Calculation and word problem-solving skills in primary grades—Impact of cognitive abilities and longitudinal interrelations with task-persistent behaviour. *British Journal of Educational Psychology*, 86(2), 165-181.
- Jurado, M. B., & Rosselli, M. (2007). The elusive nature of executive functions: a review of our current understanding. *Neuropsychology review*, 17(3), 213-233.
- Kieffer, M. J., Vukovic, R. K., & Berry, D. (2013). Roles of attention shifting and inhibitory control in fourth-grade reading comprehension. *Reading Research Quarterly*, 48(4), 333-348.
- Kotsopoulos, D., & Lee, J. (2012). A naturalistic study of executive function and mathematical problem-solving. *The Journal of Mathematical Behavior*, 31(2), 196-208.
- Latzman, R. D., Elkovitch, N., Young, J., & Clark, L. A. (2010). The contribution of executive functioning to academic achievement among male adolescents. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 32(5), 455-462.
- Lehto, J. E., Juujärvi, P., Kooistra, L., & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, 21(1), 59-80.
- Mazzocco, M. M., & Kover, S. T. (2007). A longitudinal assessment of executive function skills and their association with math performance. *Child neuropsychology*, 13(1), 18-45.
- McKeown, R. G., & Gentilucci, J. L. (2007). Think-aloud strategy: Metacognitive development and monitoring comprehension in the middle school second-language classroom. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 51(2), 136-147.
- Meltzer, L. (2010). *Promoting executive function in the classroom*. Guilford Press.

- Meltzer, L. (Ed.). (2011). *Executive function in education: From theory to practice*. Guilford Press.
- Meltzer, L., Pollica, L., Barzillai, M., & Meltzer, L. (2007). Executive function in the classroom: Embedding strategy instruction into daily teaching practices. *Executive function in education: From theory to practice*, 165-193.
- Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The nature and organization of individual differences in executive functions: Four general conclusions. *Current directions in psychological science*, 21(1), 8-14.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive psychology*, 41(1), 49-100.
- Monette, S., Bigras, M., & Guay, M. C. (2011). The role of the executive functions in school achievement at the end of Grade 1. *Journal of experimental child psychology*, 109(2), 158-173.
- Montague, M., & Applegate, B. (1993). Middle school students' mathematical problem solving: An analysis of think-aloud protocols. *Learning Disability Quarterly*, 16(1), 19-32.
- Montague, M., Enders, C., & Dietz, S. (2011). Effects of cognitive strategy instruction on math problem solving of middle school students with learning disabilities. *Learning Disability Quarterly*, 34(4), 262-272.
- Neuenschwander, R., Röthlisberger, M., Cimeli, P., & Roebers, C. M. (2012). How do different aspects of self-regulation predict successful adaptation to school?. *Journal of experimental child psychology*, 113(3), 353-371.
- Nouwens, S., Groen, M. A., & Verhoeven, L. (2016). How storage and executive functions contribute to children's reading comprehension. *Learning and Individual Differences*, 47, 96-102.
- Nystrand, M., & Gamoran, A. (1991). Instructional discourse, student engagement, and literature achievement. *Research in the Teaching of English*, 261-290.
- Ostad, S. A., & Sorensen, P. M. (2007). Private speech and strategy-use patterns: Bidirectional comparisons of children with and without mathematical difficulties in a developmental perspective. *Journal of learning disabilities*, 40(1), 2-14.

- Otero, T. M., Barker, L. A., & Naglieri, J. A. (2014). Executive function treatment and intervention in schools. *Applied Neuropsychology: Child*, 3(3), 205-214.
- Özcan, Z. Ç., Imamoglu, Y., & Katmer Bayrakli, V. (2017). Analysis of Sixth Grade Students' Think-Aloud Processes While Solving a Non-Routine Mathematical Problem. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 17(1), 129-144.
- Passolunghi, M. C., & Lanfranchi, S. (2012). Domain-specific and domain-general precursors of mathematical achievement: A longitudinal study from kindergarten to first grade. *British Journal of Educational Psychology*, 82(1), 42-63.
- Passolunghi, M. C., & Pazzaglia, F. (2005). A comparison of updating processes in children good or poor in arithmetic word problem-solving. *Learning and individual differences*, 15(4), 257-269.
- Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2004). Working memory and access to numerical information in children with disability in mathematics. *Journal of experimental child psychology*, 88(4), 348-367.
- Pólya, G. (1957). How to Solve It. *Princeton University*.
- Popham, W. J. (2011). *Transformative assessment in action: An inside look at applying the process*. ASCD.
- Poulose, M. S. (2012). Program evaluation of an executive functions intervention at a middle school setting.
- Powell, S. R., & Fuchs, L. S. (2014). Does early algebraic reasoning differ as a function of students' difficulty with calculations versus word problems?. *Learning Disabilities Research & Practice*, 29(3), 106-116.
- Re, A. M., Lovero, F., Cornoldi, C., & Passolunghi, M. C. (2016). Difficulties of children with ADHD symptoms in solving mathematical problems when information must be updated. *Research in developmental disabilities*, 59, 186-193.
- Reeve, R. A., & Brown, A. L. (1985). Metacognition reconsidered: Implications for intervention research. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 13(3), 343-356.
- Roebers, C. M., Cimeli, P., Röthlisberger, M., & Neuenschwander, R. (2012). Executive functioning, metacognition, and self-perceived competence in elementary school children: An explorative study on their interrelations and their role for school achievement. *Metacognition and Learning*, 7(3), 151-173.

- Rosenzweig, C., Krawec, J., & Montague, M. (2011). Metacognitive strategy use of eighth-grade students with and without learning disabilities during mathematical problem solving: A think-aloud analysis. *Journal of learning disabilities*, 44(6), 508-520.
- Röthlisberger, M., Neuenschwander, R., Cimeli, P., Michel, E., & Roebbers, C. M. (2012). Improving executive functions in 5-and 6-year-olds: Evaluation of a small group intervention in prekindergarten and kindergarten children. *Infant and Child Development*, 21(4), 411-429.
- Ruiz-Primo, M. A. (2011). Informal formative assessment: The role of instructional dialogues in assessing students' learning. *Studies in Educational Evaluation*, 37(1), 15-24.
- Schellings, G. L., van Hout-Wolters, B. H., Veenman, M. V., & Meijer, J. (2013). Assessing metacognitive activities: the in-depth comparison of a task-specific questionnaire with think-aloud protocols. *European journal of psychology of education*, 28(3), 963-990.
- Slavin, E.R. (2007). Εκπαιδευτική Ψυχολογία. Θεωρία και πράξη. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Smith, P. L., & Wedman, J. F. (1988). Read-Think-Aloud Protocols: A New Data-Source for Formative Evaluation. *Performance Improvement Quarterly*, 1(2), 13-22.
- Smith, P. L., & Wedman, J. F. (1988). Read-Think-Aloud Protocols: A New Data-Source for Formative Evaluation. *Performance Improvement Quarterly*, 1(2), 13-22.
- St Clair-Thompson, H. L., & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *The quarterly journal of experimental psychology*, 59(4), 745-759.
- Swanson, H. L., & Sachse-Lee, C. (2001). Mathematical problem solving and working memory in children with learning disabilities: Both executive and phonological processes are important. *Journal of experimental child psychology*, 79(3), 294-321.
- Swanson, H. L., Jerman, O., & Zheng, X. (2008). Growth in working memory and mathematical problem solving in children at risk and not at risk for serious math difficulties. *Journal of Educational Psychology*, 100(2), 343.

- Swanson, L., & Kim, K. (2007). Working memory, short-term memory, and naming speed as predictors of children's mathematical performance. *Intelligence*, 35(2), 151-168.
- Van de Walle, K., & Karp, K. S. Bay-Williams (2013). *Elementary and Middle School Mathematics: Teaching Developmentally*.
- Van der Ven, S. H. G. (2011). *The structure of executive functions and relations with early math learning* (Doctoral dissertation, Utrecht University).
- Van der Ven, S. H., Kroesbergen, E. H., Boom, J., & Leseman, P. P. (2012). The development of executive functions and early mathematics: A dynamic relationship. *British Journal of Educational Psychology*, 82(1), 100-119.
- Veenman, M. V., Van Hout-Wolters, B. H., & Afflerbach, P. (2006). Metacognition and learning: Conceptual and methodological considerations. *Metacognition and learning*, 1(1), 3-14.
- Vygotsky, L. S. (1962). Thought and word.
- Welsh, J. A., Nix, R. L., Blair, C., Bierman, K. L., & Nelson, K. E. (2010). The development of cognitive skills and gains in academic school readiness for children from low-income families. *Journal of educational psychology*, 102(1), 43.
- Wilson, S. J., & Farran, D. C. (2012). Experimental Evaluation of the Tools of the Mind Preschool Curriculum. *Society for Research on Educational Effectiveness*.
- Yeniad, N., Malda, M., Mesman, J., van IJzendoorn, M. H., & Pieper, S. (2013). Shifting ability predicts math and reading performance in children: A meta-analytical study. *Learning and Individual Differences*, 23, 1-9.
- Zelazo, P. D., & Carlson, S. M. (2012). Hot and cool executive function in childhood and adolescence: Development and plasticity. *Child Development Perspectives*, 6(4), 354-360.
- Zelazo, P. D., & Frye, D. (1997). Cognitive complexity and control: A theory of the development of deliberate reasoning and intentional action. *Language structure, discourse, and the access to consciousness*, 12, 113-153.
- Zelazo, P. D., & Frye, D. (1998). Cognitive complexity and control: II. The development of executive function in childhood. *Current Directions in Psychological Science*, 7(4), 121-126.

- Zelazo, P. D., & Müller, U. (2002). Executive function in typical and atypical development.
- Zelazo, P. D., Carter, A., Reznick, J. S., & Frye, D. (1997). Early development of executive function: A problem-solving framework. *Review of general psychology*, 1(2), 198.
- Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory into practice*, 41(2), 64-70.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: Ερωτηματολόγιο για την αξιολόγηση του προγράμματος παρέμβασης

Συμμετοχή στην έρευνα «Καλλιέργεια των εκτελεστικών ικανοτήτων μέσα από τα Μαθηματικά»

Πώς αισθάνεσαι που συμμετείχες σε μία τόσο απαιτητική έρευνα και Γιατί;

.....

.....

Τι σου άρεσε στο πρόγραμμα αυτό; Τι δεν σου άρεσε; Και Γιατί;

.....

.....

Τι σου φάνηκε εύκολο και τι δύσκολο;

.....

.....

Πιστεύεις ότι σε βοήθησε; Κι αν ναι, πού σε βοήθησε;

.....

.....

Πιστεύεις ότι έγινες καλύτερος σε κάτι; Κι αν ναι, πού;

.....

.....

.....

Τι θα κρατούσες σαν συμβουλή να θυμάσαι πάντα από αυτό το πρόγραμμα;

.....

.....

.....