

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

Βυζαντινός-Στυλιανός Ρεπαντής

«ΣΥΝΕΡΓΑΤΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΔΙΑΔΡΑΣΗΣ ΣΕ
ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΤΙΚΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ»

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Ιωάννινα 2019

Βυζαντινός-Στυλιανός Ρεπαντής

«Συνεργατική μάθηση με τη χρήση τεχνολογιών διάδρασης σε αλληλεπιδραστικές επιφάνειες»

Διδακτορική διατριβή

που υποβλήθηκε στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης

της Σχολής Επιστημών Αγωγής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

1. Αναστάσιος Μικρόπουλος, Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, επιβλέπων
2. Κωνσταντίνος Κώτσης, Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
3. Αθανάσιος Τζιμογιάννης, Καθηγητής, Τμήμα Κοινωνικής και Εκπαιδευτικής Πολιτικής, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Επταμελής Εξεταστική Επιτροπή

1. Αναστάσιος Μικρόπουλος, Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, επιβλέπων
2. Κωνσταντίνος Κώτσης, Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, μέλος τριμελούς
3. Αθανάσιος Τζιμογιάννης, Καθηγητής, Τμήμα Κοινωνικής και Εκπαιδευτικής Πολιτικής, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, μέλος τριμελούς
4. Σταύρος Δημητριάδης, Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Πληροφορικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
5. Θαρρενός Μπράτιτσης, Αναπληρωτής Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
6. Βασίλειος Κόμης, Καθηγητής, Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και της Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία, Πανεπιστήμιο Πατρών
7. Παναγιώτης Πολίτης, Αναπληρωτής Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Περίληψη

Η παρούσα διατριβή θέτει ως αφετηριακό της σημείο τη συνεργατική μάθηση ως σύνολο διδακτικών τεχνικών, μέσω των οποίων οι μαθητές μεγιστοποιούν την κατανόησή τους, καθώς και την κατανόηση των άλλων. Επιπλέον, εστιάζει στην έννοια του φυσικού χώρου μάθησης μέσα στον οποίο εμπεριέχονται οι διαδραστικές εκπαιδευτικές τεχνολογίες.

Η διατριβή εστιάζει σε τρεις συνεργατικές τεχνολογίες: στα διαδραστικά τραπέζια πολλών χρηστών, στις μεγάλες διαδραστικές οθόνες πολλών χρηστών και στους υπολογιστές με πολλά ποντίκια. Συγκρίνει την αντίληψη ευχρηστίας των μαθητών στις τεχνολογίες αυτές με δείγμα ($N=76$) που αποτελείται από μαθητές της ΣΤ' Δημοτικού. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι το διαδραστικό τραπέζι προσφέρει μεγαλύτερη ικανοποίηση στους μαθητές, τόσο από τη χρήση του, όσο και από τη συνεργασία μεταξύ των μελών μίας ομάδας. Υπάρχουν ενδείξεις ότι προκαλεί τον λιγότερο αντιληπτό φυσικό φόρτο στους μαθητές. Η μεγάλη διαδραστική οθόνη φαίνεται πως προκαλεί τον λιγότερο αντιληπτό γνωστικό φόρτο, ενώ ο υπολογιστής με τα πολλά ποντίκια δεν υπερτερεί σε κάποιον από τους άξονες σύγκρισης. Η υποκειμενική αντίληψη ευχρηστίας στα αγόρια δε διαφέρει από εκείνη στα κορίτσια.

Το διαδραστικό τραπέζι φαίνεται να είναι συγκριτικά, με βάση την εμπειρία των μαθητών, η πλέον υποσχόμενη τεχνολογία για την υποστήριξη συνεργατικών δραστηριοτήτων στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση από ομάδες μαθητών που βρίσκονται στον ίδιο φυσικό χώρο και, έτσι, μελετάται διεξοδικά από την άποψη των τεχνολογικών χαρακτηριστικών του και της καταγεγραμμένης χρήσης του στην εκπαίδευση. Η κύρια έρευνα πραγματοποιείται σε μαθητές 12 και 13 χρόνων ($N=60$) για τη διεξαγωγή συνεργατικών δραστηριοτήτων σε ομάδες τεσσάρων ατόμων. Το δείγμα απαρτίζουν τετραμελείς ομάδες δύο αγοριών και δύο κοριτσιών, με σταθμισμένη την πρότερη καταγεγραμμένη ακαδημαϊκή τους επίδοση. Οι μαθητές υψηλής και μέτριας επίδοσης σχηματίζουν υπο-ομάδες του δείγματος (συνολικά και ανά ηλικιακή κατηγορία). Οι δραστηριότητες πραγματοποιούνται ομαδικά σε διαδραστικό τραπέζι και σε περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού πολλών χρηστών το οποίο σχεδιάστηκε εξ ολοκλήρου για τη διατριβή. Για την ενίσχυση της διαπραγμάτευσης μεταξύ των μαθητών προτείνεται μία μέθοδος για τη συναινετική εκτέλεση των προγραμμάτων, η Συναίνεση-Ανοχή. Συγκρίνεται η κατάσταση πολλαπλής αφής, απλής αφής και η ατομική χρήση. Μελετάται η συσχέτιση των μαθησιακών αποτελεσμάτων με τη λεκτική και μη λεκτική επικοινωνία των μαθητών και συμπεραίνεται πως τα μαθησιακά αποτελέσματα δε διαφέρουν γενικά, ωστόσο, καταγράφονται διαφορές στο πώς προκύπτουν. Οι μαθητές με την πρότερη χαμηλότερη ακαδημαϊκή επίδοση φαίνεται πως ευνοούνται συγκριτικά στην κατάσταση πολλαπλής αφής,

ενώ αντίστοιχη συσχέτιση δεν εμφανίζεται σε καμία άλλη κατάσταση για τη συγκεκριμένη κατηγορία μαθητών. Τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζουν σημαντική στατιστική διαφορά στο επίπεδο των διαλόγων ανάμεσα στις δύο καταστάσεις στις οποίες οι μαθητές εργάστηκαν ομαδικά. Φαίνεται πως κατά τη χρήση του διαδραστικού τραπέζιου στην κατάσταση απλής αφής οι μαθητές είναι πιο διστακτικοί στην ανάληψη της ευθύνης της διεπαφής με το διαδραστικό τραπέζι για λογαριασμό της ομάδας τους. Η Συναίνεση-Ανοχή χρησιμοποιήθηκε για να ενισχυθεί η διαπραγμάτευση εντός των ομάδων κάτι που δείχνει να λειτουργήσει θετικά στις καταστάσεις όπου οι μαθητές δούλεψαν σε ομάδες. Τα συμπεράσματα της κύριας μελέτης εντάσσονται στο γενικό πλαίσιο της συνεργατικής μάθησης. Έμφαση δίνεται στον ρόλο της ισοτιμίας των μελών της ομάδας χωρίς την ύπαρξη ξεχωριστών ρόλων ανά μαθητή, στην ελευθερία έκφρασης εντός ομάδας και στην αρχή της Συναίνεσης-Ανοχής.

Λέξεις-κλειδιά: διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών, φυσικός χώρος μάθησης, διαδραστικά τραπέζια, συνεργατική μάθηση

Abstract

The concept of collaborative/cooperative learning, defined as the set of teaching techniques through which students maximize their understanding, as well as the understanding of their collaborators, is the starting point of this dissertation. At the same time, the dissertation focuses on the role of physical learning spaces in which the interactive learning technologies are used.

Three interactive collaborative technologies are compared in terms of the perceived usability: multi-touch tabletops, multi-touch interactive displays and single display groupware systems with multiple mice. Using a sample ($N = 76$) which consists of elementary school pupils, it is indicated that multi-touch tabletops offer the greatest satisfaction to pupils, derived from the interaction with this technology and the cooperation between group members. Pupils also perceive the least physical load by using this particular technology. On the other hand, large multi-touch interactive displays are related to less cognitive load, while the single display groupware systems with multiple mice are not advantageous in any of the comparison axes. The subjective perception of usability in boys does not differ from that in girls.

Based on the users' experience, multi-touch interactive tabletops seem to be the most promising interactive technology in Primary Education to support cooperative activities between team members located in the same physical space. Therefore, this technology is reviewed and further studied with focus on its technological characteristics and its use in education. The main study cooperative activities in teams of four students (two boys, two girls) aged 12 and 13 ($N = 60$). The sample consists of teams weighted with its members' previously documented academic performance (high / average) in total / per age group. The activities take place around an interactive multi-touch tabletop. The system is supported by a multi-touch visual programming micro-environment designed for the purpose of this study. In order to enhance the negotiation between students, a new method enabling the consensual execution of the pupils' programs is introduced, namely the Consensus-Tolerance approach. Three different conditions are identified (multi-touch, single-touch and individual use). Learning outcomes are correlated to the monitored verbal and non-verbal communication. It is concluded that, although learning outcomes do not differ significantly, there are large differences in the way they arise. Students of (previously reported) lower attainment demonstrated better progress in the multi-touch condition than the other two conditions. With regards to the level of verbal communication in the two conditions where students had to work in groups, the results were similar and comparable. It also appears that students using the tabletop in the single-touch condition were

more reluctant to interact with it on behalf of their team. The Consensus-Tolerance approach was observed to have a positive impact. The conclusions of the main study add to the body of general research on cooperative learning. Emphasis is placed on the importance of parity between group members and the absence of assigning separate roles to every student, the freedom of expression within groups and the Consensus-Tolerance approach.

Keywords: multi-touch tabletops, cooperative learning, collaborative learning, physical learning space

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα Καθηγητή κ. Μικρόπουλο για την τεράστια υποστήριξη του όλα αυτά τα χρόνια, σε καλές και σε δύσκολες στιγμές, τόσο σε επιστημονικό, όσο και σε προσωπικό επίπεδο. Έμαθα πολλά από εκείνον τα οποία εκτείνονται πέρα από το πλαίσιο εκπόνησης μίας διατριβής και, ειδικά, όταν η καθοδήγησή που μου παρείχε και η συνεργασία μας έπρεπε να γίνονται κυρίως από απόσταση.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους Καθηγητές κ. Κώτση και κ. Τζιμογιάννη για το έργο τους ως μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής, καθώς και την Ομότιμη Καθηγήτρια κ. Γρηγοριάδου για τις πάντα εύστοχες επισημάνσεις της. Από τότε που ήμουν ακόμα μεταπτυχιακός φοιτητής, η κ. Γρηγοριάδου ήταν ο πρώτος άνθρωπος που με έκανε να συνειδητοποιήσω πως καθετί που γράφεται σε ένα επιστημονικό κείμενο πρέπει απαραίτητα να τεκμηριώνεται. Σε όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διατριβής το πλέον δύσκολο εγχείρημα για μένα ήταν να διατηρώ αυτόν τον γνώμονα που εκείνη πρώτη μου είχε τονίσει.

Ευχαριστώ ακόμα τον συνάδελφο Γιάννη Βρέλλη για τη μεγάλη βοήθειά του στην επεξεργασία των στατιστικών αποτελεσμάτων της πιλοτικής έρευνας, βοήθεια που μου επέτρεψε να κατανοήσω καλύτερα μερικές από τις βασικές αρχές της Στατιστικής.

Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συναδέλφους εκπαιδευτικούς Ronan McStravick και Μαρία Ελευθεριάδη για τη συμβολή τους στην υλοποίηση της κύριας έρευνας στο Λονδίνο, τον Μάιο του 2017. Χωρίς την υποστήριξή τους θα ήταν αδύνατο να ολοκληρωθεί η εκπόνηση της διατριβής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους κοντινούς μου ανθρώπους που οπλίστηκαν με υπομονή επί τόσα χρόνια απέναντί μου, και ειδικά τον θείο μου Κυριάκο Ρεπάντη για όλη την εποικοδομητική κριτική του, καθώς και την άμεση οικογένειά μου για τη διαρκή ενθάρρυνσή τους.

Σε όσους με στήριξαν τα τελευταία χρόνια

Περιεχόμενα

Περίληψη	iv
Abstract.....	vi
Ευχαριστίες	viii
Περιεχόμενα	x
Ευρετήριο Πινάκων.....	xiii
Ευρετήριο Σχημάτων	xiv
Εισαγωγή.....	1
Οριοθέτηση του αντικειμένου της έρευνας	1
Δομή της διατριβής.....	1
Σημασία και πρωτοτυπία της διατριβής.....	3
1. Θεωρητικό πλαίσιο	6
1.1 Συνεργατική μάθηση και τεχνολογίες	6
1.2 Βιβλιογραφική επισκόπηση - Φυσικοί χώροι διδασκαλίας και μάθησης.....	9
1.2.1 Εισαγωγή.....	9
1.2.2 Στόχοι της επισκόπησης των φυσικών χώρων μάθησης	10
1.2.3 Μεθοδολογία.....	11
1.2.4 Αποτελέσματα της επισκόπησης	11
1.2.4.1 Σχεδίαση των φυσικών χώρων μάθησης.....	12
1.2.4.2 Αξιολόγηση των φυσικών χώρων μάθησης.....	14
1.2.4.3 Σχέση των φυσικών χώρων μάθησης με τις παιδαγωγικές θεωρήσεις	15
1.2.4.4 Φυσικοί χώροι μάθησης και μαθησιακά αποτελέσματα	20
1.2.5 Συμπεράσματα από την επισκόπηση των φυσικών χώρων μάθησης	21
1.2.6 Σχεδίαση και αξιοποίηση ενός τεχνολογικά εμπλουτισμένου φυσικού χώρου μάθησης..	22
1.3 Συνεργατικές διαδραστικές τεχνολογίες πολλών χρηστών στην Εκπαίδευση.....	26
1.3.1 Χαρακτηριστικά των τεχνολογιών	26
1.3.2 Συνεργατικές διαδραστικές τεχνολογίες πολλών χρηστών στην εκπαιδευτική πράξη	29
1.3.3. Διαδραστικές τεχνολογίες πολλών χρηστών και φυσικός χώρος μάθησης.....	31
2. Διαδραστικές τεχνολογίες πολλών χρηστών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: μελέτη ευχρηστίας	33
2.1 Εισαγωγή.....	33
2.2 Δείγμα και εργαλεία μέτρησης.....	35

2.3 Διαδικασία	38
2.4 Αποτελέσματα	43
2.4.1 Υποκειμενική αίσθηση ευχρηστίας	43
2.4.2 Φόρτος εργασίας	45
2.4.3 Συνεργασία	49
2.5 Συζήτηση και συμπεράσματα από τη μελέτη ευχρηστίας	50
3. Επιτραπέζιες διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών στην εκπαίδευση: βιβλιογραφική επισκόπηση.....	53
3.1 Εισαγωγή.....	53
3.2 Στόχοι	55
3.3 Αποτελέσματα και συζήτηση.....	57
3.3.1 Τεχνολογικά χαρακτηριστικά.....	57
3.3.2 Συνεργασία γύρω από το διαδραστικό τραπέζι	61
3.3.3 Εκπαιδευτικό πλαίσιο και μαθησιακά αποτελέσματα	73
3.3.4 Συσχέτιση θεωριών μάθησης με τις διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών	84
3.4 Συμπεράσματα από την επισκόπηση	89
4. Οριζόντιες διαδραστικές τεχνολογίες πολλών χρηστών στη διδασκαλία του προγραμματισμού: κύρια έρευνα	91
4.1 Εισαγωγή.....	91
4.2 Στόχοι και ερευνητικά ερωτήματα	97
4.3 Ένα νέο περιβάλλον οπτικού προγραμματιστικού πολλών χρηστών	98
4.4 Δείγμα	104
4.5 Διαδικασία	106
4.5.1 Αξιολόγηση μαθησιακών αποτελεσμάτων	108
4.5.2 Κωδικοποίηση διαλόγων	109
4.5.3 Κωδικοποίηση μη λεκτικής επικοινωνίας.....	111
4.6 Αποτελέσματα και συζήτηση.....	115
4.6.1 Μαθησιακά αποτελέσματα	115
4.6.2 Μαθησιακά αποτελέσματα και πρότερα καταγεγραμμένη επίδοση μαθητών	117
4.6.3 Λεκτική επικοινωνία	119
4.6.4 Λεκτική επικοινωνία και μαθησιακά αποτελέσματα	120
4.6.5 Μη λεκτική επικοινωνία	122
4.6.6 Μη λεκτική επικοινωνία και μαθησιακά αποτελέσματα	123
4.6.7 Παρατήρηση της μη λεκτικής επικοινωνίας	124
4.6.8 Παρατήρηση λεκτικής επικοινωνίας σε συνδυασμό με τη μη λεκτική	129
5. Συμπεράσματα.....	135

5.1 Απαντήσεις στα ερευνητικά ερωτήματα	135
5.2 Σύγκριση με άλλες μελέτες.....	139
5.3 Συνεργατικός προγραμματισμός και συνεργατική μάθηση.....	141
5.4 Περιορισμοί της έρευνας.....	143
5.5 Προτάσεις για μετέπειτα έρευνα	144
Βιβλιογραφικές Αναφορές.....	146
Παράρτημα	168

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1.1. Μαθησιακές δραστηριότητες και χώρος (van Merriënboer et al., 2017).....	16
Πίνακας 2.1. Ερωτηματολόγιο CSUQ.....	36
Πίνακας 2.2. Ερωτηματολόγιο NASA-TLX.....	37
Πίνακας 2.3. Χρησιμότητα ανά τεχνολογία (CSUQ_SYSUSE)	43
Πίνακας 2.4. Ποιότητα πληροφορίας ανά τεχνολογία (CSUQ_INFOQUAL)	44
Πίνακας 2.5. Ποιότητα διεπαφής ανά τεχνολογία (CSUQ_INTERQUAL).....	44
Πίνακας 2.6. Συνολική υποκειμενική αίσθηση ευχρηστίας (CSUQ_OVERALL)	45
Πίνακας 2.7. Γνωστικός φόρτος.....	45
Πίνακας 2.8. Φυσικός φόρτος	46
Πίνακας 2.9. Χρονικός φόρτος.....	46
Πίνακας 2.10. Επίδοση.....	47
Πίνακας 2.11. Προσπάθεια.....	47
Πίνακας 2.12. Απογοήτευση	48
Πίνακας 2.13. Συνολικός φόρτος	48
Πίνακας 2.14. Υποκειμενική αίσθηση συνεργασίας.....	49
Πίνακας 4.1. Δραστηριότητες που σχεδιάστηκαν για τη μελέτη	99
Πίνακας 4.2. Φύλλο εργασίας (post-test) που χρησιμοποιήθηκε μετά τις δραστηριότητες.....	106
Πίνακας 4.3. Μέθοδος αξιολόγησης των απαντήσεων.....	108
Πίνακας 4.4. Κωδικοποίηση διαλόγων και σχετικά παραδείγματα όπως καταγράφηκαν	110
Πίνακας 4.5. Post-test στο χαρτί μετά τη δραστηριότητα στο διαδραστικό τραπέζι (άριστα=43)....	115
Πίνακας 4.6. Μαθησιακά αποτελέσματα κατά τη χρήση της εφαρμογής στο τραπέζι.....	116
Πίνακας 4.7. Post-test και καταγεγραμμένη επίδοση των μαθητών πριν από την έρευνα	117
Πίνακας 4.8. Συσχέτιση post-test και ομαδικού αποτελέσματος στο διαδραστικό τραπέζι.....	118
Πίνακας 4.9. Λεκτική επικοινωνία στις καταστάσεις πολλαπλής – Μ και απλής αφήs – S.....	119
Πίνακας 4.10. Ατομικά γεγονότα μη λεκτικής επικοινωνίας στις καταστάσεις πολλαπλής και απλής αφήs (Μ και S)	122
Πίνακας 4.11. Λεκτική διαπραγμάτευση ομάδας στην κατάσταση πολλαπλής αφήs - Μ.....	129
Πίνακας 4.12. Λεκτική διαπραγμάτευση ομάδας στην κατάσταση απλής αφήs - S.....	131
Πίνακας 4.13. Λεκτική διαπραγμάτευση ομάδας στην κατάσταση απλής αφήs - S.....	132

Ευρετήριο Σχημάτων

Σχήμα 1.1. Προσχέδιο της διαδραστικής αίθουσας σε τρισδιάστατη αναπαράσταση	23
Σχήμα 1.2. Μεγάλη οθόνη πολλών χρηστών (δημοσιεύεται κατόπιν σχετικής άδειας)	24
Σχήμα 1.3. Διαδραστικά τραπέζια (δημοσιεύεται κατόπιν σχετικής άδειας)	24
Σχήμα 1.4. Διαδραστικά τραπέζια και μεγάλη διαδραστική οθόνη πολλών χρηστών (Mercier et al., 2016)	28
Σχήμα 1.5. Υπολογιστής και μεγάλη οθόνη με πολλά ποντίκια (Moraveji, 2009)	29
Σχήμα 2.1. Βασική οθόνη επιλογής των τεχνικών χαρακτηριστικών των υπολογιστών	38
Σχήμα 2.2. Σενάριο για τις τεχνικές προδιαγραφές του πρώτου υπολογιστή	39
Σχήμα 2.3. Σενάριο για τις τεχνικές προδιαγραφές του δεύτερου υπολογιστή	39
Σχήμα 2.4. Σενάριο για τις τεχνικές προδιαγραφές του τρίτου υπολογιστή	39
Σχήμα 2.5. Σενάριο για τις τεχνικές προδιαγραφές του τέταρτου υπολογιστή	40
Σχήμα 2.6. Δραστηριότητα στο διαδραστικό τραπέζι	41
Σχήμα 2.7. Δραστηριότητα στη μεγάλη διαδραστική οθόνη	41
Σχήμα 2.8. Δραστηριότητα στον υπολογιστή με πολλά ποντίκια	42
Σχήμα 4.1. Τα μονοπάτια των δραστηριοτήτων	99
Σχήμα 4.2. Στιγμιότυπο κατά τη σύνθεση του προγράμματος	102
Σχήμα 4.3. Οι χρήστες πιέζουν τα κουμπιά τους για την εκτέλεση του προγράμματος	102
Σχήμα 4.4. Ολοκλήρωση του προγράμματος (Δραστηριότητα 4)	103
Σχήμα 4.5. Τμήμα log file (number of commands είναι το πλήθος «στοιχειωδών» εντολών)	113
Σχήμα 4.6. Ομαδική χρήση της εφαρμογής στην κατάσταση πολλαπλής αφής - M	113
Σχήμα 4.7. Καταγραφή τμήματος της οθόνης των μαθητών	114
Σχήμα 4.8. Ατομική χρήση της εφαρμογής στην κατάσταση ατομικής χρήσης - I	114
Σχήμα 4.9. Ταυτόχρονες μεταφορικές χειρονομίες για να περιγραφεί η πορεία του χαρακτήρα....	124
Σχήμα 4.10. Δεικτικές χειρονομίες	125
Σχήμα 4.11. Μη λεκτική αρνητική ανατροφοδότηση από μαθήτρια.....	125
Σχήματα 4.12-4.14. Μη λεκτικό σήμα για εναλλαγή του «κατόχου» της διάδρασης	125
Σχήμα 4.15. Ταυτόχρονη μετακίνηση πλακιδίου στην κατάσταση πολλαπλής αφής - M	126
Σχήμα 4.16. Παρεμπόδιση σε σημείο χωρίς αντικείμενο που να μπορεί να μετακινηθεί	126
Σχήμα 4.17. Παρεμπόδιση στην κατάσταση απλής αφής - S με σκοπό την ανάληψη της διεπαφής.....	127
Σχήμα 4.18. Παρεμπόδιση με σκοπό τη διάδραση για λογαριασμό τρίτου (απλή αφή)	127
Σχήμα 4.19. Πρόβλημα στη διάδραση λόγω επαφής του μανικιού μαθητή με το τραπέζι.....	127
Σχήματα 4.20-4.21. Παρεμπόδιση όλης της ομάδας και σήκωμα μανικιού (απλή αφή)	128
Σχήμα 4.22. Εκτέλεση προγράμματος στην κατάσταση απλής αφής - S	128
Σχήματα 4.23-4.25. Αλληπάλληλες «άστοχες» χειρονομίες του μαθητή στα αριστερά όσο η διεπαφή είναι «κλειδωμένη» από συνεργάτη του (κατάσταση απλής αφής - S).....	129
Σχήμα 4.26. Στάση αναμονής και διαπραγμάτευση στην κατάσταση απλής αφής - S.....	134
Σχήματα 4.27-4.29. Μεταφορικές χειρονομίες μαθητή κατά τη διαπραγμάτευση	134

Εισαγωγή

Οριοθέτηση του αντικειμένου της έρευνας

Οι σύγχρονες συνεργατικές εκπαιδευτικές τεχνολογίες συνήθως προσανατολίζονται στη θεώρηση της μάθησης μέσω του κοινωνικού κονστρουκτιβισμού ο οποίος μελετά τον ρόλο της κοινωνικής αλληλεπίδρασης στην οικοδόμηση της γνώσης. Η συνεργασία που καταγράφεται περισσότερο στη βιβλιογραφία αφορά στην εξ αποστάσεως εκπαίδευση μέσω διαφόρων εκπαιδευτικών τεχνολογιών (Higgins, Mercier, Burd, & Hatch, 2011). Ωστόσο, η πρόσωπο με πρόσωπο επικοινωνία και συνεργασία μεταξύ των μαθητών στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια εκπαίδευση είναι κυρίαρχες πλευρές της σύγχρονης εκπαιδευτικής πρακτικής. Η παρούσα διατριβή έχει ως στόχο τη μελέτη της αλληλεπίδρασης μεταξύ μαθητών Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης κατά τη χρήση διαδραστικών συνεργατικών τεχνολογιών και τη συσχέτιση αυτής της αλληλεπίδρασης με τη μάθηση.

Για τη συνεργατική εκπόνηση δραστηριοτήτων μαθητών εντός του ίδιου φυσικού χώρου είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη ο ρόλος του χώρου που στεγάζει τη διδασκαλία, όχι απλά ως σύνολο φυσικών παραγόντων, αλλά «ως δυναμικό σύστημα που αποτελείται από τους μαθητές, τους εκπαιδευτικούς, τις διαφορετικές τεχνολογίες και τη διάδραση μεταξύ τους» (Law, Yuen, & Fox, 2011). Επιπλέον, οι εκπαιδευτικές τεχνολογίες, για να μπορούν να υπηρετήσουν τους σκοπούς τους, πρέπει πάνω απ' όλα να είναι εύχρηστες (Shaer et al., 2012).

Μέσα σε αυτό το πλαίσιο η παρούσα διατριβή μελετά τρεις σύγχρονες διαδραστικές τεχνολογίες (διαδραστικό τραπέζι πολλών χρηστών, κατακόρυφη οθόνη πολλών χρηστών και υπολογιστή με πολλά ποντίκια), επιλέγει την πλέον εύχρηστη για τους μαθητές και εστιάζει στα τεχνολογικά χαρακτηριστικά της και στα σχετιζόμενα με τη μάθηση χαρακτηριστικά της αλληλεπίδρασης κατά τη χρήση της. Η κύρια μελέτη πραγματοποιείται στο πλαίσιο διδασκαλίας του προγραμματισμού. Μια και έχει μελετηθεί ελάχιστα ως τώρα η ταυτόχρονη δια ζώσης συνεργατική συγγραφή προγραμμάτων από ομάδες άνω των δύο μαθητών, έμφαση δίνεται στη συσχέτιση λεκτικής, μη λεκτικής επικοινωνίας και μαθησιακών αποτελεσμάτων.

Δομή της διατριβής

Στο Κεφάλαιο 1 της διατριβής ορίζεται ως αφετηρία μελέτης η έννοια της συνεργατικής μάθησης ως πλέγμα διδακτικών τεχνικών μέσω των οποίων οι μαθητές μεγιστοποιούν την ατομική και συλλογική τους κατανόηση. Διερευνάται, ακόμα, ο ρόλος του φυσικού χώρου μάθησης ως παράγοντας που επηρεάζει τη μάθηση. Εφόσον ο χώρος έχει ληφθεί ελάχιστα

υπόψη στη μελέτη των εκπαιδευτικών τεχνολογιών, παρόλο που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο, πραγματοποιείται μία βιβλιογραφική επισκόπηση για τη σχέση του με την εκπαίδευση. Ακολουθεί αναφορά των βασικών χαρακτηριστικών των τριών κύριων διαδραστικών τεχνολογιών πολλών χρηστών (διαδραστικό τραπέζι, μεγάλη κάθετη διαδραστική οθόνη και υπολογιστής με πολλά ποντίκια) οι οποίες συγκρίνονται στο Κεφάλαιο 2.

Το Κεφάλαιο 2 εστιάζει στη σύγκριση ευχρηστίας των παραπάνω τριών διαδραστικών εκπαιδευτικών τεχνολογιών πολλών χρηστών, έτσι ώστε να μπορεί να επιλεγεί και να μελετηθεί περαιτέρω η πλέον υποσχόμενη ή οι πλέον υποσχόμενες από πλευράς ικανοποίησης των μαθητών Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Η μελέτη λαμβάνει υπόψη της τα πορίσματα του Κεφαλαίου 1 σχετικά με τους φυσικούς χώρους μάθησης. Το διαδραστικό τραπέζι πολλών χρηστών υπερτερεί αισθητά σε σχέση με τις υπόλοιπες τεχνολογίες και επιλέγεται ως η τεχνολογία που μελετάται περαιτέρω.

Στο Κεφάλαιο 3 ακολουθεί επισκόπηση της επιστημονικής βιβλιογραφίας σχετικά με τα διαδραστικά τραπέζια με έμφαση στην εκπαίδευση. Κύριο στόχο αποτελεί η μελέτη των τεχνολογικών χαρακτηριστικών τους, καθώς και η μελέτη της επικοινωνίας, της συνεργασίας και των σχετικών μαθησιακών αποτελεσμάτων στη σύγχρονη έρευνα.

Για τους σκοπούς της κύριας μελέτης που πραγματοποιείται στο Κεφάλαιο 4 προτείνεται μία νέα προσέγγιση στη διδασκαλία του προγραμματισμού. Για τη μελέτη της πρότασης σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε ένα Logo-like περιβάλλον οπτικού συνεργατικού προγραμματισμού το οποίο δοκιμάστηκε σε διαδραστικό τραπέζι και σε τρεις διαφορετικές καταστάσεις (τετραμελείς ομάδες που εργάζονταν σε κατάσταση πολλαπλής αφής, τετραμελείς ομάδες που εργάζονταν σε κατάσταση απλής αφής και μεμονωμένοι μαθητές). Ακόμα, εισάγεται η προσέγγιση της Συναίνεσης-Ανοχής ως μέθοδος για την ενίσχυση της διαπραγμάτευσης μεταξύ των μαθητών. Πραγματοποιείται μελέτη σχετικά με τον προγραμματισμό σε μαθητές ηλικίας 12 και 13 ετών με στόχο τη διερεύνηση και ανάλυση των μαθησιακών αποτελεσμάτων, της λεκτικής, της μη λεκτικής επικοινωνίας και της μεταξύ τους συσχέτισης. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με τα αποτελέσματα και τη συζήτηση των αποτελεσμάτων αυτών.

Στο Κεφάλαιο 5 αναλύονται τα συμπεράσματα της κύριας μελέτης σχετικά με τον συνεργατικό προγραμματισμό κάτω από το πρίσμα της συνεργατικής μάθησης. Η προτεινόμενη προσέγγιση αναλύεται σε επιμέρους τομείς και διαφαίνεται πως υπάρχει θετική συσχέτισή της με τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών με τη χαμηλότερη πρότερη καταγεγραμμένη

ακαδημαϊκή επίδοση. Τα αποτελέσματα συγκρίνονται με αντίστοιχες μελέτες κυρίως στο επίπεδο της αλληλεπίδρασης μεταξύ των μαθητών. Αναφέρονται οι περιορισμοί της κύριας έρευνας και παρουσιάζονται προτάσεις για περαιτέρω μελέτη.

Σημασία και πρωτοτυπία της διατριβής

Η διατριβή συμβάλλει στην έρευνα σχετικά με τις συνεργατικές διαδραστικές εκπαιδευτικές τεχνολογίες, η χρήση των οποίων πραγματοποιείται ομαδικά από μαθητές που βρίσκονται στον ίδιο φυσικό χώρο. Ξεκινώντας από την έννοια της συνεργατικής μάθησης, η διατριβή αποτελεί μία από τις πρώτες μελέτες που εστιάζουν στην έννοια του φυσικού χώρου μάθησης πριν από την εξέταση των επιμέρους τεχνολογιών.

Φιλοδοξία της διατριβής είναι να συσχετιστεί το ζήτημα της συνεργατικής μάθησης σε διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών με τον ευρύτερο φυσικό και υλικό χώρο μέσα στον οποίο εντάσσονται οι τεχνολογίες αυτές καθώς και οι μαθησιακές δραστηριότητες που διενεργούνται με τη χρήση αυτών. Ειδικά όσο βρισκόμαστε σε ένα εξελισσόμενο εκπαιδευτικό τοπίο όπου τα όρια ανάμεσα στη φυσική και εικονική παρουσία του εκπαιδευόμενου γίνονται δυσδιάκριτα και ενώ υπάρχει η τάση οι μαθησιακές δραστηριότητες να διασπείρονται μέσα στον γενικότερο υλικό και άυλο χώρο, στον χρόνο, μέσα σε διαφορετικές συσκευές και τεχνολογικά μέσα (Ellis & Goodyear, 2016).

Φυσικοί χώροι μάθησης με διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών στο εσωτερικό τους είναι σχεδόν ανύπαρκτοι στην Ελλάδα και ελάχιστοι στην Ευρώπη. Παραπλεύρως της κύριας μελέτης που αφορά στη συνεργατική μάθηση με τη χρήση των τεχνολογιών αυτών, παρουσιάστηκε η δυνατότητα να υποστηριχθεί από τον συγγραφέα η δημιουργία ενός νέου χώρου μάθησης σε σχολείο της Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, ενός χώρου που να περιέχει σύγχρονες διαδραστικές εκπαιδευτικές τεχνολογίες. Η συμμετοχή σε αυτές τις δράσεις σε επίπεδο σχεδιασμού, υλοποίησης και αξιοποίησης του χώρου και των εμπεριεχόμενων τεχνολογιών βασίστηκε σε πορίσματα της μελέτης που παρουσιάζονται στα Κεφάλαια 1 και 3. Η συμμετοχή αυτή τροφοδότησε εμπειρικά τη διατριβή στο Κεφάλαιο 2. Έχοντας κατά νου πως ο χώρος, αν και σημαντικός παράγοντας, δεν αποτελεί τον κύριο τομέα έρευνας στα πλαίσια της παρούσας διατριβής, παρατίθεται στην ενότητα 1.2.6 μία μικρή παρουσίαση της τάξης που σχεδιάστηκε και λειτουργεί εδώ και μερικά χρόνια.

Εστιάζοντας στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση, η διατριβή τοποθετεί την ευχρηστία των διαδραστικών συνεργατικών τεχνολογιών ως βασική προϋπόθεση για την καταλληλότητα τους. Από τη σκοπιά αυτή, συγκρίνονται τρεις από τις κύριες συνεργατικές τεχνολογίες

συμβάλλοντας στη διερεύνηση της καταλληλότητάς τους σε αυτήν την εκπαιδευτική βαθμίδα και παρέχοντας νέα εμπειρικά δεδομένα.

Η βιβλιογραφική επισκόπηση της πλέον υποσχόμενης από άποψη ευχρηστίας τεχνολογίας, του διαδραστικού τραπέζιού πολλών χρηστών, πραγματοποιείται στη βάση των τεχνολογικών χαρακτηριστικών του και εστιάζει στην επικοινωνία, τη συνεργασία και τη μάθηση με βάση τα καταγεγραμμένα ερευνητικά αποτελέσματα και συμπεράσματα. Σχετικά με τη συγκεκριμένη εκπαιδευτική τεχνολογία, η επισκόπηση εντοπίζει ένα ερευνητικό κενό αναλυτικής καταγραφής της σχετικής επιστημονικής έρευνας και παρέχει μία αρκετά ολοκληρωμένη συγκεφαλαίωσή της.

Η κύρια μελέτη επιχειρεί να συνδέσει τα παραπάνω με τις ηλικίες των πρώτων τάξεων της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης εντάσσοντας κάτι νέο σε αυτές: τον ισότιμο, συνεργατικό οπτικό προγραμματισμό σε Logo-like περιβάλλον για ομάδες άνω των δύο μαθητών με ταυτόχρονη φυσική παρουσία των μελών τους. Γίνεται προσπάθεια να υιοθετηθούν και να βρουν έδαφος για επιβεβαίωση και συμπλήρωση πορίσματα από την έρευνα σχετικά με τον προγραμματισμό κατά ζεύγη, έτσι ώστε οι μαθητές να μπορούν εντός μεγαλύτερων ομάδων να συνεργάζονται ισότιμα στην εκπόνηση ενός κοινού προγράμματος. Στο πεδίο διδασκαλίας της Πληροφορικής η ανάγκη αυτή είναι συχνά καταγεγραμμένη.

Επιχειρείται μία σύνθετη διαδικασία μελέτης που περιλαμβάνει την πρωτότυπη τριπλή σύγκριση ατομικής διεπαφής, διεπαφής σε κατάσταση πολλαπλής αφής και απλής (μονής) αφής πάνω στο ίδιο διαδραστικό τραπέζι. Η καταγραφή και μελέτη της λεκτικής και μη λεκτικής επικοινωνίας, καθώς και ο συσχετισμός τους με τα μαθησιακά αποτελέσματα κατά τη χρήση του διαδραστικού τραπέζιού σε σχολικό περιβάλλον και, ειδικά, στη διδασκαλία του προγραμματισμού, αποτελεί μία ελπιδοφόρα ερευνητική προσέγγιση. Η δοκιμασία όλων των παραπάνω πραγματοποιείται σε ένα πρωτότυπο μικρό Logo-like προγραμματιστικό περιβάλλον το οποίο σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε για τους σκοπούς της μελέτης. Η υλοποίησή του αποτελεί μία από τις πρώτες προσπάθειες για ένταξη της συνεργατικής μάθησης στη διδασκαλία της Πληροφορικής. Έμφαση δίνεται στην επιλογή και στην προσαρμογή κατάλληλων ερευνητικών μεθόδων που έχουν ήδη προταθεί από άλλες έρευνες για τη σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων, κάτι που θεωρείται αναγκαίο για την εξέλιξη της σχετικής έρευνας.

Η ιδιαίτερη σύσταση του δείγματος με δύο πρότερα επίπεδα καταγεγραμμένων επιδόσεων ανά ομάδα και σε δύο διαφορετικές ηλικιακές κατηγορίες (12 και 13 ετών) βοήθησε στην εξαγωγή

συμπερασμάτων κατά τη σύγκριση των τριών καταστάσεων. Το κυριότερο από τα συμπεράσματα είναι πως τα μαθησιακά αποτελέσματα είναι συγκρίσιμα, με επιμέρους σημαντικές διαφορές και πως οι τρεις καταστάσεις αναφέρονται σε μάθηση μέσα από αρκετά διαφορετικές διαδικασίες. Κατά συνέπεια, ο συνεργατικός προγραμματισμός φαίνεται να αποτελεί ένα χρήσιμο εκπαιδευτικό εργαλείο σχετικά με τη διδασκαλία της Πληροφορικής.

Επιπλέον, η εμπειρική μελέτη σε μαθητές Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης αν και εντάσσεται στα πλαίσια μίας διατριβής που εκπονείται σε ελληνικό πανεπιστήμιο, πραγματοποιήθηκε σε σχολείο του Λονδίνου. Οι μαθητές σχημάτισαν μεικτές ομάδες από άτομα διαφορετικών εθνικών καταγωγών. Η καθολικότητα των συμπερασμάτων είναι ένα πάγιο ζητούμενο από την έρευνα στις εκπαιδευτικές τεχνολογίες (Jamil et al., 2017) και, ίσως, τα αποτελέσματα της κύριας μελέτης να έχουν μία επιπλέον βαρύτητα λόγω αυτής της επιλογής.

1. Θεωρητικό πλαίσιο

1.1 Συνεργατική μάθηση και τεχνολογίες

Η συνεργατική μάθηση αποτελεί ένα πλέγμα διδακτικών τεχνικών μέσω των οποίων οι μαθητές συνεργάζονται για να μεγιστοποιήσουν τη δική τους μάθηση και τη μάθηση του άλλου (Johnson & Johnson, 1999). Οι τεχνικές αυτές δίνουν έμφαση στην αλληλεξάρτηση και αλληλεπίδραση μεταξύ των ατόμων. Βασίζονται στη δυναμική σχέση μεταξύ της επικοινωνίας, της ομάδας και της προσαρμογής του ατόμου στο περιβάλλον. Με αυτήν την έννοια, η συνεργατική μάθηση αποτελεί μία τομή τριών συνιστωσών η οποία δοκιμάζεται στην καθημερινή εκπαιδευτική πρακτική. Έχει τις ρίζες της βαθιά μέσα στον χρόνο μια και θεμελιώνεται στην επιστημονική έρευνα που ξεκίνησε πριν από πολλές δεκαετίες σχετικά με την Κοινωνική Αλληλεπίδραση από τον Mead και, στη συνέχεια, τον Blumer (Shibutani, 1988), τη Δυναμική των ομάδων και τη Θεωρία του Πεδίου από τον Lewin (Burnes & Cooke, 2013) και, φυσικά, τη Ζώνη Επικείμενης Ανάπτυξης και τον Κοινωνικό Κονστρουκτιβισμό (Vygotsky, 1962).

Η αλληλεπίδραση είναι ουσιαστική για το άτομο ώστε να μπορεί να διαμορφώσει την ταυτότητά του μέσω της συνεργασίας με τους άλλους. Η αλληλεπίδραση αυτή πραγματοποιείται τόσο στο μη συμβολικό επίπεδο όσο και στο συμβολικό. Στη μη συμβολική αλληλεπίδραση τα άτομα ανταποκρίνονται άμεσα στις πράξεις των άλλων. Στη συμβολική αλληλεπίδραση ερμηνεύουν τις πράξεις και ενεργούν ανάλογα με την ερμηνεία που αποδίδεται στις πράξεις. Η ατομική δράση καθορίζεται από ένα σύστημα δυνάμεων ανάμεσα στο άτομο και το περιβάλλον του (πεδίο). Το σύστημα αυτό αναζητά ισορροπία, μία ισορροπία που συνεχώς δοκιμάζεται και τροποποιείται. Η μάθηση πραγματοποιείται εντός της Ζώνης Επικείμενης Ανάπτυξης, δηλαδή της ζώνης που ορίζεται από την απόσταση ανάμεσα στο δεδομένο επίπεδο ανάπτυξης του ατόμου και στο επίπεδο που θα είχε το άτομο υπό την καθοδήγηση ενός ενήλικα ή ενός συνομήλικου. Ο ικανότερος συνομήλικος συμβάλλει στη νοητική ανάπτυξη του άλλου, ωφελείται και εκείνος όσο κατανοεί την οπτική του άλλου και εξελίσσεται, έτσι, και ο ίδιος σε νοητικό και κοινωνικό επίπεδο. Το ευρύ πλαίσιο της συνεργατικής μάθησης ορίζεται εντός των παραπάνω αρχών που έχουν διατυπωθεί και δοκιμαστεί με πολλούς τρόπους, σε πολυάριθμες επιστημονικές μελέτες και σε αρκετά πεδία μελέτης.

Οι βασικές προϋποθέσεις για να επιτευχθεί η συνεργατική μάθηση είναι οι εξής (Johnson & Johnson, 1999, 2008, 2009):

- Θετική αλληλεξάρτηση (positive interdependence). Η επιτυχία κάθε ατόμου ξεχωριστά εξαρτάται από τη συλλογική επιτυχία της ομάδας στην οποία ανήκει.
- Αίσθηση προσωπικής ευθύνης (individual accountability). Η συνειδητοποίηση πως κάθε μέλος της ομάδας έχει ευθύνη για την κοινή πορεία και για τον κοινό στόχο, καθορίζει το αποτέλεσμα της προσπάθειας της ομάδας. Η απουσία της αίσθησης προσωπικής ευθύνης καθιστά την ομάδα μία απλή συνύπαρξη ατόμων και όχι κάτι παραπάνω, ενώ η ενεργή συμμετοχή των μελών της ενισχύει το κοινό καλό.
- Προωθητική αλληλεπίδραση πρόσωπο με πρόσωπο (face to face promotive interaction). Η ένα προς ένα επικοινωνία των μελών είναι απαραίτητη, έτσι ώστε κάθε μέλος της ομάδας να είναι σε θέση να ανατροφοδοτεί, να ενισχύει και να υποβοηθά τα υπόλοιπα μέλη.
- Κοινωνικές και διαπροσωπικές δεξιότητες (social and interpersonal skills). Είναι σημαντικό, ως έναν βαθμό, να υπάρχουν σε μία ομάδα στοιχεία όπως η ανάληψη ηγεσίας, η λήψη αποφάσεων, η οικοδόμηση εμπιστοσύνης, δεξιότητες επικοινωνίας και διαχείρισης συγκρούσεων.
- Ομαδική επεξεργασία (group processing). Τα μέλη της ομάδας οφείλουν να συζητούν τακτικά και να αξιολογούν ποιες ενέργειες είναι αποτελεσματικές για την επίτευξη του στόχου τους.

Οι συνεργατικές εκπαιδευτικές τεχνολογίες θα πρέπει να ενισχύουν τους παραπάνω παράγοντες για την επιτυχή διεξαγωγή μαθησιακών δραστηριοτήτων. Η έρευνα στον τομέα της συνεργατικής μάθησης που υποστηρίζεται από ηλεκτρονικούς υπολογιστές (Computer-Supported Collaborative Learning, CSCL) έχει δείξει πως η τεχνολογία μπορεί να είναι χρήσιμη στην υποστήριξη της μάθησης μέσω της συνεργασίας (Rana, Robert, Eugene, Philip, & Richard, 2011). Ωστόσο, η έρευνα κατευθύνεται κύρια, τις τελευταίες δεκαετίες, στον τομέα της εξ αποστάσεως συνεργατικής μάθησης και όχι στις τεχνολογίες και τους χώρους, και ειδικά τις τάξεις, που προσφέρουν τέτοιες δυνατότητες για δια ζώσης συνεργασία (Higgins et al., 2011). Μία πιθανή εξήγηση για το γεγονός αυτό είναι πως απαιτείται όχι μόνο να σχεδιαστεί η τεχνολογία για να υποστηριχθούν οι μαθησιακές εμπειρίες κάθε παιδιού, αλλά και να επανασχεδιαστεί αποδοτικά και αποτελεσματικά το περιβάλλον της τάξης στο οποίο χρησιμοποιείται η τεχνολογία (Mercier, Higgins, & Joyce-Gibbons, 2016) ή συνδυασμός τεχνολογιών. Ωστόσο, η προωθητική αλληλεπίδραση πρόσωπο με πρόσωπο και η ομαδική επεξεργασία διευκολύνονται όταν τα μέλη μίας ομάδας βρίσκονται στον ίδιο, ιδανικά σχεδιασμένο, χώρο ειδικά αν τα μέλη μίας ομάδας είναι μαθητές Πρωτοβάθμιας ή Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Για τον λόγο αυτό είναι σημαντικό να αναπτυχθεί το ερευνητικό

πεδίο των συνεργατικών εκπαιδευτικών τεχνολογιών στο πλαίσιο της εργασίας μαθητών οι οποίοι βρίσκονται στον ίδιο φυσικό χώρο μάθησης. Με γνώμονα την ανάγκη μελέτης του συνδυασμού χώρου και τεχνολογίας για την αποτελεσματική εξυπηρέτηση της συνεργατικής μάθησης, η ενότητα 1.2, πριν από τη μελέτη συγκεκριμένων τεχνολογιών, επεκτείνεται στον ρόλο του φυσικού χώρου.

Είναι χρήσιμο το συμπέρασμα των Dillenbourg και Evans (2011) πως η υπεργενίκευση και η υπερβολική προσδοκία είναι δύο προβληματικά φαινόμενα στο πλαίσιο της έρευνας σχετικά με τη συνεργατική μάθηση που υποστηρίζεται από υπολογιστές (CSCL). Ο αρχικός ενθουσιασμός γύρω από τις νέες τεχνολογίες συχνά αυξάνεται μέσω της παραγωγικής χρήσης τους, εντούτοις, όταν υλοποιείται η ένταξη των τεχνολογιών, υπάρχουν συνήθως ελάχιστα καταγεγραμμένα στοιχεία που αποδεικνύουν ενίσχυση των μαθησιακών αποτελεσμάτων. Κάτω από αυτό το πρίσμα, εξετάζονται στην ενότητα 1.3, καθώς και στα υπόλοιπα κεφάλαια της διατριβής, τεχνολογίες που επιτρέπουν την αποτελεσματική εργασία σε ομάδες. Σταδιακά το ερώτημα που απαντάται είναι με ποιούς όρους η χρήση των υπό εξέταση τεχνολογιών σχετίζεται με τη μάθηση.

1.2 Βιβλιογραφική επισκόπηση - Φυσικοί χώροι διδασκαλίας και μάθησης

1.2.1 Εισαγωγή

Η δυσκολία κατανόησης της φύσης και της διάρθρωσης της μάθησης, εν μέρει, προκύπτει από την αδυναμία διάρθρωσης του χώρου μέσα στον οποίο πραγματοποιείται η μάθηση αυτή καθαυτή (Thomas, 2010). Παρακάτω, για λόγους ευκολίας, με τον όρο «φυσικός χώρος μάθησης» θα εννοείται ο φυσικός χώρος μέσα στον οποίο πραγματοποιείται η διδασκαλία και η μάθηση.

Η δημιουργία και η αξιοποίηση των σύγχρονων φυσικών χώρων μάθησης πρέπει να λαμβάνει υπόψη της τις σύγχρονες θεωρίες γύρω από αυτήν (Bligh & Pearshouse, 2011). Η ποιότητα της εκπαίδευσης είναι δυνατό να επηρεάζεται όταν οι σχετικές διαδικασίες δεν ευθυγραμμίζονται με τους φυσικούς χώρους μάθησης, μια και εκείνοι, πλέον, θεωρούνται ως ένας ξεχωριστός αιτιώδης παράγοντας που μπορεί να αλληλεπιδρά με τα χαρακτηριστικά του μαθητή, τα χαρακτηριστικά της μάθησης ή τον συνδυασμό τους (Choi, van Merriënboer, & Paas, 2014). Για παράδειγμα, η βικτωριανή αρχιτεκτονική του τριώροφου σχολείου σε όλη την Αγγλία σχετίζεται με το μοντέλο μετάδοσης γνώσεων και δεξιοτήτων που ήταν κυρίαρχο στη βιομηχανική εποχή, αλλά καθιστά δυσχερή την εφαρμογή των πλέον σύγχρονων παιδαγωγικών προσεγγίσεων στην εποχή μας. Το πρόβλημα, ωστόσο, δεν περιορίζεται στα παλιά σχολικά κτίρια. Στην Ολλανδία υπήρξαν πρόσφατα παραδείγματα νέων σχολικών κτιρίων που κρίθηκαν εντελώς ακατάλληλα για διδασκαλία (van Merriënboer, McKenney, Cullinan, & Heuer, 2017). Αλλά και στην Αυστραλία, παρόλη την τεράστια επένδυση σε νέα κτήρια και αίθουσες (πρόγραμμα “Building the Education Revolution infrastructure programme in Australia”) δεν αποδείχθηκε πως υπάρχει αιτιώδης σχέση μεταξύ των συγκεκριμένων νέων χώρων μάθησης και την καλυτέρευση της ίδιας της μάθησης (Mulcahy, Cleveland, & Aberton, 2015).

Σκόπιμα το κείμενο αυτό ξεκινάει με την έννοια του φυσικού χώρου, δηλαδή η αφετηρία της έρευνας καθορίζεται αρκετά «πίσω», πριν τις υπό εξέταση εκπαιδευτικές τεχνολογίες, τη χρήση και την αξιοποίησή τους προς όφελος της μάθησης. Κατ’ αρχάς, πρόκειται για έναν παράγοντα που, όπως θα φανεί και στη συνέχεια, έχει ληφθεί ελάχιστα υπόψη στην έρευνα σχετικά με τη χρήση των συνεργατικών εκπαιδευτικών τεχνολογιών οι οποίες απαιτούν την ταυτόχρονη φυσική παρουσία των χρηστών. Στην περίπτωση της μελέτης των εκπαιδευτικών τεχνολογιών ως «χώρος», συνήθως, νοείται το περιβάλλον στο οποίο απλά έχει τοποθετηθεί μία τεχνολογία χωρίς να εξετάζεται η διαμόρφωσή του και οι δυναμικές σχέσεις στο εσωτερικό του (για παράδειγμα, σχέσεις ανάμεσα σε δύο εμπεριεχόμενες τεχνολογίες και της διάταξής τους ή σχέσεις με τα φυσικά χαρακτηριστικά του χώρου).

Οι ψηφιακές επιφάνειες πολλών χρηστών απαιτούν την ομαλή ένταξη σε έναν φυσικό χώρο, όπως είναι μία σχολική τάξη, όπου και καταλαμβάνουν αξιόλογο όγκο. Κατά συνέπεια, ο χώρος θα πρέπει, ιδανικά, να είναι διαρθρωμένος έτσι ώστε να ενισχύει τα μαθησιακά οφέλη από τη χρήση των εκπαιδευτικών τεχνολογιών και, φυσικά, να είναι λειτουργικός. Άλλωστε, είναι δεδομένο πως σχολεία και Πανεπιστήμια σε ολόκληρο τον κόσμο αναζητούν (όχι μόνο ως αντιπαράθεση στην εξ αποστάσεως μάθηση αλλά και γενικότερα) νέους τρόπους που να εξυπηρετούν την ένταξη των Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) στην εκπαίδευση και να ενισχύουν τα οφέλη στη διδασκαλία και τη μάθηση.

Η σύντομη βιβλιογραφική επισκόπηση εστιάζει στην κατασκευή και στην αξιοποίηση των τεχνολογικά εμπλουτισμένων φυσικών χώρων μάθησης. Ένα βασικό πρόβλημα που αναδεικνύεται είναι πως συχνά οι τεχνικοί περιορισμοί που τίθενται, ακόμα και κατά τη σχεδιάσή τους, καταλήγουν να γίνονται και περιορισμοί των δυνατοτήτων τους σχετικά με τη διδασκαλία και τη μάθηση. Εν ολίγοις, η έλλειψη θεωρητικής καθοδήγησης προς τους σχεδιαστές και κατασκευαστές των χώρων μάθησης σχετικά με τις διαδικασίες και την πραγματική χρήση που λαμβάνει χώρα σε αυτούς, δημιουργεί προβλήματα στη μελλοντική αξιολόγηση της συνεισφοράς τους (Temple, 2008). Ακόμα και στην περίπτωση που οι δημιουργοί των φυσικών χώρων μάθησης προσπαθήσουν να ενσωματώσουν στοιχεία θεωριών μάθησης μέσα στην πορεία του σχεδιασμού και της κατασκευής τους, είναι δύσκολο να γίνει πραγματική αξιολόγησή τους με βάση τη διδασκαλία και τη μάθηση. Συνήθως πραγματοποιείται αξιολόγηση με ελλιπή παιδαγωγική τεκμηρίωση ή με βάση τις απλές προθέσεις των σχεδιαστών (Bligh & Pearshouse, 2011).

Συχνά, συναντά κανείς στη βιβλιογραφία περιγραφές για «επιτυχημένες πρακτικές» σχετικά με νέους χώρους μάθησης. Στην ουσία, όμως, η αναφορά αυτή γίνεται κατά βάση για τη μορφή, τη σχεδίαση και τη δημιουργία των χώρων και όχι τόσο για τη λειτουργία τους, τη χρήση και αξιοποίησή τους.

1.2.2 Στόχοι της επισκόπησης των φυσικών χώρων μάθησης

Δεδομένου του ευρύτατου επιστημονικού πεδίου αναφοράς (χώρος - τεχνολογία - μάθηση) η θεματολογία περιορίζεται σε ένα πιο στενό συνδεδετικό πλαίσιο. Οι ερευνητικοί άξονες της επισκόπησης είναι η διερεύνηση:

- των τρόπων σχεδίασης και αξιολόγησης των φυσικών χώρων μάθησης
- των σχέσεων των φυσικών χώρων μάθησης με τις παιδαγωγικές θεωρήσεις
- της σχεδίασης των φυσικών χώρων μάθησης σε σχέση με τα μαθησιακά αποτελέσματα.

Στόχος της επισκόπησης είναι η συμβολή στο έργο των ερευνητών, των μηχανικών και των σχεδιαστών των τεχνολογικά εμπλουτισμένων φυσικών χώρων μάθησης. Επιπλέον, ως δεύτερος στόχος τίθεται η ανάδειξη του φυσικού χώρου ως παράγοντα που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στη μελέτη των συνεργατικών διαδραστικών εκπαιδευτικών τεχνολογιών.

1.2.3 Μεθοδολογία

Η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε ανακτήθηκε μέσω ψηφιακών ακαδημαϊκών βάσεων δεδομένων και αφορά στη δεκαετία 2007-2017. Χρησιμοποιήθηκαν οι βάσεις ScienceDirect, MetaPress, Google Scholar, SpringerLink, Wiley Interscience, Elsevier και IEEE. Οι λέξεις-κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι εξής: smart classroom, future classroom, classroom of the future, physical learning space, future learning spaces, future trends in teaching, future pedagogies, future education, future technologies, future education, emerging technology in education, emerging educational technology, emerging pedagogies, emergent technology, emergent pedagogies, innovative pedagogies, innovative classroom, innovative technology, smart learning space, educational futures, educational change, new classrooms, disruptive pedagogies, disruptive technology, next generation learning space. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν οι εξής λεκτικοί συνδυασμοί: TITLE-ABSTR-KEY(classroom) and TITLE-ABSTR-KEY(technology), TITLE-ABSTR-KEY("learning space") and TITLE-ABSTR-KEY(technology), TITLE-ABSTR-KEY(pedagogies) and TITLE-ABSTR-KEY(technology), TITLE-ABSTR-KEY(pedagogies) and TITLE-ABSTR-KEY(classroom), TITLE-ABSTR-KEY(pedagogies) and TITLE-ABSTR-KEY("learning space").

Ανακτήθηκαν αρχικά 51 άρθρα περιοδικών και 37 κεφάλαια βιβλίων σχετικά με το θέμα των τεχνολογικά εμπλουτισμένων φυσικών χώρων μάθησης. Κατά τη συγγραφή της επισκόπησης χρησιμοποιήθηκαν, επιπλέον, βιβλιογραφικές αναφορές των παραπάνω άρθρων και κεφαλαίων βιβλίων.

1.2.4 Αποτελέσματα της επισκόπησης

Από την παρούσα επισκόπηση προκύπτει η ανάγκη να μελετηθεί ο φυσικός χώρος μάθησης ως ένα ενιαίο σύστημα έτσι ώστε να είναι δυνατόν να προκύψουν δυναμικές σχέσεις μεταξύ του χώρου και της μάθησης (Law et al., 2011). Χωρίς να αποδεικνύεται πάντα, ωστόσο, συχνά καταγράφεται ο θετικός ρόλος που μπορεί να διαδραματίσει ένας φυσικός χώρος μάθησης στον τρόπο διδασκαλίας (Martin, 2002), αν και ο βαθμός συσχέτισης δεν είναι πάντα ορατός (Leiringer & Cardellino, 2010).

1.2.4.1 Σχεδίαση των φυσικών χώρων μάθησης

Περνώντας στο πεδίο της σχεδίασης και κατασκευής των φυσικών χώρων μάθησης, καταγράφονται δύο διέξοδοι για τη γεφύρωση της αντίθεσης ανάμεσα στους στόχους και στην εκπαιδευτική πράξη: η εμπλοκή των χρηστών-εκπαιδευτικών στη σχεδίασή των νέων χώρων και, αντιστρόφως, η υιοθέτηση γενικών θεωριών μάθησης από τους μηχανικούς ή/και τους διοικητικούς υπεύθυνους κατά τη σχεδίαση και κατασκευή τους.

Υπάρχουν έρευνες που προτείνουν την εμπλοκή των χρηστών-εκπαιδευτικών στη σχεδίαση φυσικών χώρων μάθησης επειδή αυτή δίνει μια θετική αίσθηση ιδιοκτησίας και μεγαλύτερου ελέγχου στον ευρύτερο σχολικό χώρο (Higgins, Hall, Wall, Woolner, & McCaughey, 2005). Πέρα από την αίσθηση αυτή, όμως, η εξαρχής εμπλοκή των εκπαιδευτικών στη σχεδίαση έχει ελάχιστα διερευνηθεί στη βάση των γενικών θεωριών μάθησης. Συνήθως, γίνεται αναφορά του συγκεκριμένου πλέγματος δραστηριοτήτων που οι ίδιοι σκοπεύουν να πραγματοποιήσουν σχετικά άμεσα (δραστηριότητες οι οποίες αναγκαστικά έχουν πιο υποκειμενικό χαρακτήρα ανάλογα με το διδακτικό τους ρεπερτόριο και μικρότερη διάρκεια ζωής, ανάλογα με το αναλυτικό πρόγραμμα, τις διαθέσιμες τεχνολογίες και τάσεις στις εκπαιδευτικές πρακτικές). Η θέση των εκπαιδευτικών κατά τη σχεδίαση, αλλά και την παιδαγωγική τεκμηρίωση της σχεδίασης των νέων φυσικών χώρων μάθησης είναι ένας τομέας που δείχνει να έχει ενδιαφέρον, ωστόσο έχει ερευνηθεί ελάχιστα. Ζητούμενη είναι μια ολιστική οπτική στη σχεδίαση του φυσικού χώρου, στον στόχο που καλείται να εξυπηρετήσει καθώς και στη διδακτική του αξιοποίηση.

Στην κατεύθυνση της σχεδίασης των φυσικών χώρων μάθησης από τους ίδιους τους χρήστες τους, η συμμετοχή ακόμα και των μαθητών παρουσιάζει επίσης ενδιαφέρον (Higgins et al., 2005; Könings, Seidel, & van Merriënboer, 2014; Mäkelä & Helfenstein, 2016). Και εδώ είναι ζητούμενος ένας, εν δυνάμει, ανοικτός και κοινός χώρος διάδρασης και διερεύνησης των δυνατοτήτων διδασκαλίας και μάθησης μεταξύ μαθητών και εκπαιδευτικών (Flutter, 2006).

Από την άλλη, αρκετά ανεξερεύνητος δείχνει πως είναι ο δρόμος ενός δημιουργικού διαλόγου μεταξύ των εκπαιδευτικών και των μηχανικών που κατασκευάζουν τους νέους φυσικούς χώρους μάθησης. Αν και φαντάζει, εν πρώτοις, αρκετά φυσιολογικό αυτό (η Μηχανική είναι για τους μηχανικούς, η Εκπαίδευση είναι για τους εκπαιδευτικούς), στην ουσία το φαινόμενο αντιβαίνει στη σύγχρονη λογική: ένας φυσικός χώρος σχεδιάζεται και δομείται με τέτοιο τρόπο που να αξιοποιείται πλήρως από τον χρήστη του (Thomas, 2010). Το χάσμα αυτό εύγλωττα διατυπώνεται από εξειδικευμένους αρχιτέκτονες στην κατασκευή σχολείων: «Οι καθηγητές βασικά καθοδηγούνται από τις δικές τους θεωρίες σχετικά με την εκπαίδευση και

σπάνια δίνουν βάρος στην αρχιτεκτονική και στον χώρο, ενώ οι απόψεις των αρχιτεκτόνων θεωρούνται συχνά άσχετες από το πλαίσιο ενός ευρύτερου παιδαγωγικού διαλόγου» (Dudek, 2000). Στην πραγματικότητα διατυπώνεται εξ αντανakλάσεως, μέσα από την οπτική των αρχιτεκτόνων, ένα βασικό ζήτημα σχετικό με τη μάθηση: για πολλά χρόνια οι διαδικασίες στην τυπική εκπαίδευση δεν εξετάζονταν λεπτομερώς μέσα από το πρίσμα του χώρου στον οποίο αυτές πραγματοποιούνταν (Boys & Smith, 2011; Paechter & Open, 2001).

Είναι τέτοια η έλλειψη συνεργασίας που καταγράφεται ανάμεσα σε μηχανικούς και εκπαιδευτικούς, που σταδιακά αρχίζει να αναδεικνύεται η συσχέτιση φυσικών χώρων με τη μάθηση ακόμα και μέσα από μελέτες που πραγματοποιούνται αποκλειστικά από μηχανικούς χωρίς εκείνοι να διαθέτουν πάντα το απαιτούμενο υπόβαθρο. Για παράδειγμα, σε μια τέτοια μελέτη συσχετίζεται η δομή των χώρων ανάλογα με τη θεωρία μάθησης στην οποία εντάσσεται ο σχεδιασμός τους (behaviorism, constructivism, experiential learning, cognitivism, humanistic και social-situational) (Guney & Al, 2012). Γενικά, η συσχέτιση αυτή γίνεται στα πλαίσια ενός ντετερμινιστικού πλαισίου (έναν χώρο δείχνει να ταιριάζει με μία και μόνη θεωρία μάθησης), ο παράγοντας των εκπαιδευτικών τεχνολογιών και των δυνατοτήτων που προσφέρουν σε σχέση με τις διαδικασίες μάθησης δε λαμβάνεται υπόψη, ωστόσο η συγκεκριμένη μελέτη δείχνει πως υπάρχει πρόσφορο έδαφος στην κατεύθυνση της διαλεκτικής της κατασκευής φυσικών χώρων μάθησης με βάση τις θεωρίες μάθησης. Σε πολύ πιο πρόσφατες έρευνες, μόνο, τονίζεται πλέον η ανάγκη για εμπλοκή των εκπαιδευτικών συνολικά στη σχεδίαση και δημιουργία των φυσικών χώρων μάθησης (Hod, 2017; Könings, Bovill, & Woolner, 2017; Könings et al., 2014; van Merriënboer et al., 2017). Αρχίζουν, ακόμα, να εμφανίζονται εξειδικευμένα σχεδιαστικά εργαλεία που να ενισχύουν μια τέτοια συνεργασία (Koutamanis, Heuer, & Könings, 2017). Σε μια τέτοια διαδικασία συμμετοχικού σχεδιασμού και κατασκευής χώρων διακρίνονται κατά βάση τρεις φάσεις (van Merriënboer et al., 2017).

Η πρώτη φάση ορίζει την παιδαγωγική αντίληψη ως αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθησιακών δραστηριοτήτων εν γένει, τη μελέτη υποστηρικτικών πληροφοριών και την άσκηση στις συνήθεις δεξιότητες. Στη δεύτερη φάση αναπτύσσεται η μορφολογία του εσωτερικού χώρου και η διαρρύθμιση ώστε οι χώροι να υποστηρίζουν τη συγκεκριμένη εκπαιδευτική αντίληψη. Η τρίτη φάση αφορά στη σχεδίαση του σχολικού κτηρίου και της εσωτερικής επίπλωσης. Ο συμμετοχικός σχεδιασμός είναι σημαντικός και στις τρεις φάσεις. Στην πρώτη, η διοίκηση του σχολείου, οι εκπαιδευτικοί και οι μαθητές είναι επικεφαλής-εταίροι στη διαδικασία σχεδιασμού. Στη δεύτερη, η ισότιμη συμμετοχή μεταξύ της διοίκησης του σχολείου, των εκπαιδευτικών και των μαθητών, αφενός, και των αρχιτεκτόνων και σχεδιαστών εσωτερικών

χώρων, αφετέρου, είναι καθοριστικής σημασίας. Στην τρίτη φάση, οι αρχιτέκτονες και οι σχεδιαστές εσωτερικών χώρων είναι οι βασικοί συνεργάτες (van Merriënboer et al., 2017). Η διαδικασία αυτή δοκιμάστηκε (χωρίς καταγεγραμμένα μετρήσιμα αποτελέσματα) σε δύο περιπτώσεις σχολείων: στο UCL Academy στο Λονδίνο και στο De Werkplaats Kindergemeenschap στο Bilthoven της Ολλανδίας.

Η παραπάνω καταγραφή αποτελεί ένα θετικό βήμα. Η συμπλήρωση της συγκεκριμένης μεθοδολογίας με μία φάση που να αφορά στη συντήρηση και ανάπτυξη του χώρου με τη χρήση διαφορετικών εκπαιδευτικών τεχνολογιών, την υποστήριξη των εκπαιδευτικών στη δυναμική χρήση των χώρων και τη διατήρηση της ευελιξίας στη σχέση μαθησιακών δραστηριοτήτων, τεχνολογίας και χώρου θα αποτελούσε, ενδεχομένως, μία χρήσιμη προσθήκη.

1.2.4.2 Αξιολόγηση των φυσικών χώρων μάθησης

Οι Roberts & Weaver (2006) πρώτοι έθεσαν συγκεκριμένα κριτήρια για την έννοια του χώρου σχετικά με τα μαθησιακά αποτελέσματα, τα κίνητρα μάθησης και ενεργοποίησης των εκπαιδευόμενων και της διάδρασης μεταξύ των εκπαιδευτικών, των μαθητών και του περιβάλλοντος χώρου. Πιο πρόσφατα, οι Bligh & Pearshouse (2011) κατηγοριοποίησαν τα μοντέλα αξιολόγησης των χώρων μάθησης ως εξής: Demand model (αξιολόγηση με βάση τις ώρες χρήσης των χώρων ή των οικονομικών εσόδων που ενδεχομένως αποφέρουν), Outcomes model (αξιολόγηση με βάση τα μαθησιακά αποτελέσματα), Satisfaction model (αξιολόγηση με βάση την εμπειρία στους χώρους μάθησης), Scenario provision model (αξιολόγηση με βάση τις παροχές σε χώρο εντός του πλαισίου δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται), Activity support model (αξιολογεί τις δραστηριότητες που πραγματοποιούνται), Spatial ecology model (εξετάζει τη διαρρύθμιση και τη συσχέτιση μεταξύ όλων των διαθέσιμων χώρων σε ένα εκπαιδευτικό ίδρυμα), Brand model (εξετάζει τη συνεισφορά των χώρων στη συνολική εικόνα ενός εκπαιδευτικού ιδρύματος).

Από τα παραπάνω μοντέλα αξιολόγησης, εκείνα που εστιάζουν στη μαθησιακή διαδικασία είναι το Outcomes model, το Satisfaction model, το Scenario Provision model και το Activity model.

Οι έρευνες που έχουν προσανατολιστεί στην αξιολόγηση με βάση το Outcomes model συναντούν έντονες δυσκολίες στο να απομονώσουν τις υπόλοιπες παραμέτρους του χώρου (τεχνικές διδασκαλίας, παιδαγωγική θεώρηση, στόχοι, κλπ), να εστιάσουν δηλαδή ανεπηρέαστα στον ρόλο του φυσικού χώρου στα μαθησιακά αποτελέσματα (Temple, 2008). Από την άλλη, έρευνες που βασίζονται στο Satisfaction model εστιάζουν στην

ευχαρίστηση/εμπειρία των εκπαιδευόμενων (Roberts & Weaver, 2006). Το βασικό μειονέκτημα αυτής της αξιολογικής αντιμετώπισης είναι πως οι εκπαιδευόμενοι συχνά συγχέουν τον τρόπο που αντιλαμβάνονται τη συνολική θέση τους μέσα στο εκπαιδευτικό ίδρυμα στο οποίο ανήκουν, με τον χώρο μέσα στον οποίο καλούνται να μάθουν και, άρα, δύσκολα μπορούν να βοηθήσουν στην αξιολόγηση του ίδιου του χώρου (Bligh & Pearshouse, 2011).

Έρευνες που έχουν εστιάσει (άμεσα ή έμμεσα) στην αξιολόγηση μέσω του Outcomes model ή του Satisfaction model εντοπίζουν θετική συσχέτιση των φυσικών χαρακτηριστικών των χώρων (πχ. ακουστική, φωτισμός, χρώμα, θερμοκρασία, κλπ.) με τη μαθησιακή εμπειρία και τα μαθησιακά αποτελέσματα (Higgins et al., 2005; Woolner, Hall, Higgins, McCaughey, & Wall, 2007). Ένα συμπέρασμα που προκύπτει είναι πως μόλις εξασφαλιστεί ένα ελάχιστο επίπεδο φυσικών παραγόντων, η συσχέτιση μεταξύ των φυσικών χαρακτηριστικών του χώρου και των αποτελεσμάτων και μαθησιακών εμπειριών γίνεται λιγότερο ορατή (Leiringer & Cardellino, 2010).

Το Activity model προσπαθεί να χαρτογραφήσει τις μαθησιακές διαδικασίες που πραγματοποιούνται σε συσχέτιση με την πρότερη διαδικασία εκπόνησης των στόχων και σχεδίασης των φυσικών χώρων μάθησης (reverse engineering). Στοχεύει, δηλαδή, στο να αξιολογήσει τη συσχέτιση της λειτουργίας των ήδη υπαρχόντων χώρων με στόχους που τέθηκαν από την εποχή της κατασκευής τους. Όμως, η συχνή έλλειψη θεωρητικού παιδαγωγικού υπόβαθρου στον σχεδιασμό των χώρων παίζει αρνητικό ρόλο (Bligh & Pearshouse, 2011). Στην πραγματικότητα, είτε ξεκινήσει κανείς από την αρχή σκεπτόμενος μελλοντικές διαδικασίες, είτε καλλιεργήσει έναν «διάλογο» που να διαρκεί στον χρόνο ανάμεσα στις διαδικασίες αυτές και στην πρότερη σχεδίαση και κατασκευή ενός φυσικού χώρου μάθησης, η ουσία αλλάζει ελάχιστα αν δεν υπάρχει αναφορά στις σύγχρονες θεωρίες σχετικά με τη μάθηση.

1.2.4.3 Σχέση των φυσικών χώρων μάθησης με τις παιδαγωγικές θεωρήσεις

Από την σκοπιά του κοινωνικού κονστρουκτιβισμού, η έρευνα σχετικά με τους τεχνολογικά εμπλουτισμένους φυσικούς χώρους μάθησης είναι χρήσιμο να εστιάσει στην αφομοίωση ενός συγκεκριμένου πλαισίου γνώσεων και δεξιοτήτων και όχι στην εξήγηση και μελέτη ξεχωριστά του χώρου ή της ίδιας της τεχνολογίας (Ferdig, 2006). Συχνά, η έρευνα τονίζει πως πρέπει οι φυσικοί χώροι να υποβοηθούν την αυθεντική μάθηση, δηλαδή, την απόκτηση γνώσης με βάση προβλήματα του πραγματικού κόσμου, τη μάθηση με νόημα. Ακόμα, εστιάζει στη συμμετοχή των εκπαιδευόμενων στη σχεδίαση και υλοποίηση της μαθησιακής διαδικασίας, δίνοντας έτσι μεγαλύτερη αίσθηση ελέγχου πάνω σε αυτήν. Η έμφαση συνήθως δίνεται στην ενεργό

συμμετοχή, στη συνεργασία (Law et al., 2011), στην κοινωνική διάδραση (Prawat, 1996) που μπορεί να οδηγήσει σε ενεργοποίηση μηχανισμών σταδιακής δόμησης της σκέψης και της δημιουργικότητας όταν ένας εκπαιδευόμενος ενεργεί διαδραστικά με τους υπόλοιπους. Φυσικά, κάτι τέτοιο προϋποθέτει νέους κοινωνικούς ρόλους για τον μαθητή και τον δάσκαλο, προϋποθέτει την αποδοχή και δημιουργία μαθησιακών κοινοτήτων. Ένα τέτοιο ερευνητικό πλαίσιο προϋποθέτει μηχανισμούς ελέγχου, ανατροφοδότησης και αναστοχασμού (Ferdig, 2006).

Πρακτικά, αυτά που περιγράφονται παραπάνω ως στοιχεία του κοινωνικού κονστрукτιβισμού δύσκολα συνδέονται με την έννοια του χώρου. Οι πιο πρόσφατες μελέτες που διεξάγονται στο πεδίο της άμεσης συσχέτισης χώρου και μάθησης κάνουν μια προσπάθεια να δώσουν ένα ενδιαφέρον πρακτικό πλαίσιο (Könings et al., 2017; Könings et al., 2014; van Merriënboer et al., 2017).

Ως αφετηρία στη σχεδίαση του χώρου θεωρείται η περιγραφή (α) του είδους των διδακτικών και μαθησιακών δραστηριοτήτων στις οποίες θα συμμετάσχουν οι μαθητές και του τρόπου με τον οποίο θα καθοδηγηθούν, (β) των τρόπων υποστήριξης τους, της καταγραφής των διαδικαστικών πληροφοριών και του τρόπου μέσω του οποίου αυτές θα παρέχονται στους μαθητές και (γ) του είδους των μικρών εργασιών για τις οποίες οι μαθητές χρειάζονται να ασκήσουν επαναλαμβανόμενες πρακτικές. Αυτές οι αποφάσεις έχουν συνέπειες στον σχεδιασμό του φυσικού περιβάλλοντος. Ο Πίνακας 1.1 συνοψίζει τη συσχέτιση των αποφάσεων αυτών με τη σχεδίαση του χώρου (van Merriënboer et al., 2017).

Πίνακας 1.1. Μαθησιακές δραστηριότητες και χώρος (van Merriënboer et al., 2017)

	Δραστηριότητες μαθητών	Διάταξη θέσεων και καθισμάτων	Φυσικοί χώροι
Μαθησιακές δραστηριότητες	Ομαδικές εργασίες, επαγγελματικές εργασίες, εργασίες προσομοίωσης, συνεργασία, ανάληψη δράσης / ανάληψη δράσης, αξιολόγηση βάσει απόδοσης	Ομάδα εργασίας που καθοδηγείται από εκπαιδευτικό (ομάδες μεταξύ 4 και 12 μαθητών), εκπαίδευση με βάση την προσομοίωση, ατομική κατάρτιση με βάση εργασίες που στηρίζονται στην προσομοίωση	Αίθουσα για projects, εργαστήριο προσομοίωσης υψηλής πιστότητας, χώρος εργασίας
Υποστηρικτικές πληροφορίες	Μελέτη βιβλίων, παρακολούθηση διαλέξεων και	Ατομική μελέτη, μεσαίες έως μεγάλες ομάδες (12-500),	Αίθουσα διαλέξεων, αίθουσα συσκέψεων, ήσυχα απομονωμένα

	εκπαιδευτικών βίντεο, εξερεύνηση μικρο-κόσμων, χρήση πολυμέσων και υπερμέσων, συζήτηση με τους συνομηλίκους, συμμετοχή σε διαλόγους, γραπτές εξετάσεις	βιβλιοθήκη, μελέτη στο σπίτι, αίθουσες υπολογιστών	σημεία μελέτης, αίθουσα υπολογιστών
Διαδικαστικές πληροφορίες	Λήψη προφορικών οδηγιών από τον εκπαιδευτικό, υποβοηθούμενη έρευνα με κινητές τεχνολογίες, μελέτη εγχειριδίων ή οδηγιών γρήγορης αναφοράς όταν χρειάζεται, επαυξημένη πραγματικότητα	Αντίστοιχα με όσα ισχύουν για τις μαθησιακές δραστηριότητες και, κατά περίπτωση, την πρακτική άσκηση	Αντίστοιχα με όσα ισχύουν για τις μαθησιακές δραστηριότητες και, κατά περίπτωση, την άσκηση μικρών εργασιών
Πρακτική άσκηση	Ατομική εργασία με υπολογιστή, ατομική επαναλαμβανόμενη πρακτική με χαρτί και μολύβι, τεχνική κατάρτιση δεξιοτήτων	Ατομικοί χώροι εργασίας, ομαδοσυνεργατική διδασκαλία, ειδικές εγκαταστάσεις για την εξάσκηση τεχνικών δεξιοτήτων	Εργαστήριο δεξιοτήτων, αίθουσα υπολογιστών, μεμονωμένες θέσεις εργασίας

Αν και το παραπάνω μοντέλο δεν καθοδηγείται από συγκεκριμένες θεωρίες μάθησης και διδακτικές στρατηγικές δείχνει πως η κατεύθυνση της συσχέτισης χώρου και μάθησης κερδίζει έδαφος. Ως βασική έλλειψη του συγκεκριμένου μοντέλου κρίνεται η απουσία του ρόλου της εκπαιδευτικής τεχνολογίας ως πολλαπλασιαστή των καλών πρακτικών και μαθησιακών αποτελεσμάτων. Αυτό, ενδεχομένως, να οφείλεται σε προβλήματα που αντιμετωπίζει η ίδια η έρευνα στις εκπαιδευτικές τεχνολογίες, η οποία προσανατολίζεται συχνά στην πρακτική υλοποίηση και στον σχεδιασμό δραστηριοτήτων και όχι τόσο στη θεωρητική βάση στην οποία θα έπρεπε να στηρίζονται, στη διαλεκτική με τη βάση αυτή και στην ανατροφοδότησή της (Bennett & Oliver, 2011; Ferdig, 2006; Gunn & Steel, 2012). Ακόμα, δεν είναι σπάνιες και οι περιπτώσεις στις οποίες η έρευνα αυτή απλά ακολουθεί τις τάσεις της αγοράς και της τεχνολογίας (Selwyn, 2007). Συχνά, γιγαντώνει μια εσωτερική θεωρητική γνώση την οποία καλούνται κάποιοι άλλοι να εφαρμόσουν πρακτικά (Reeves, Herrington, & Oliver, 2005), φαινόμενο που σχετίζεται με την έλλειψη εμπειρικών δεδομένων. Οι σύγχρονες εκπαιδευτικές τεχνολογίες είναι γενικά προσανατολισμένες στη θεώρηση της μάθησης με βάση τον κοινωνικό

κονστρουκτιβισμό, είτε αυτό τεκμηριώνεται άμεσα, είτε υπονοείται. Για παράδειγμα, κάτι τέτοιο είναι σαφές στην έρευνα σχετικά με τον τομέα των εκπαιδευτικών εικονικών περιβαλλόντων (Mikropoulos & Natsis, 2011). Όμως, η σύγχρονη έρευνα δείχνει να μην έχει θεμελιώσει γενικά τη συσχέτιση των εννοιών του φυσικού χώρου και της εκπαιδευτικής τεχνολογίας με βάση συγκεκριμένες θεωρίες μάθησης και ειδικά με τον κοινωνικό κονστρουκτιβισμό. Μία τέτοια κατεύθυνση θα ανέπτυξε πιθανότατα τις δυνατότητες για καλύτερη μάθηση και θα διερευνούσε ολιστικά τους παράγοντες που την επηρεάζουν. «Η διάταξη του φυσικού χώρου, συμπεριλαμβανομένης της ένταξης της τεχνολογίας, μπορεί σαφώς να σχετίζεται με συγκεκριμένες διδακτικές και μαθησιακές δραστηριότητες. Από αυτή την άποψη, οι τεχνολογικές συσκευές δεν ενσωματώνουν έναν ενιαίο παιδαγωγικό προσανατολισμό. Αντίθετα, επιτρέπουν την ενσωμάτωση ενός φάσματος προσεγγίσεων στη διδασκαλία και τη μάθηση. Φαίνεται ότι όχι μόνο οι ίδιες οι τεχνολογίες, αλλά και η φυσική τοποθέτηση τους στη συνολική διάταξη του χώρου διαμεσολαβούν στην παιδαγωγική τους χρήση» (Tondeur, De Bruyne, Van Den Driessche, McKenney, & Zandvliet, 2015).

Κοινός τόπος στις περιγραφές της κατασκευής πολλών νέων φυσικών χώρων μάθησης τα τελευταία χρόνια είναι να είναι μαθητοκεντρικοί, διαδραστικοί, άνετοι και ευέλικτοι χώροι που ευνοούν έντονα τη συνεργασία, με την εκπαιδευτική τεχνολογία να παίζει έναν κεντρικό ρόλο στο εσωτερικό τους (Antona et al., 2011; Reigeluth, Carr-Chellman, Beabout, & Watson, 2009; K. Scott, 2010). Τα χαρακτηριστικά τους είναι συχνά προσανατολισμένα στη μη τυπική μάθηση (informal learning) με την έννοια ότι διαφέρουν από την παραδοσιακή δομή μίας τάξης (Boys & Smith, 2011; Holmes, 2011; Punie, 2007; K. Scott, 2010; Temple, 2008; Thomas, 2010; Wilson & Randall, 2012). Υπάρχει τάση οι περιγραφές και τα σχέδια των χώρων να δανείζονται χαρακτηριστικά μουσείων, εκπαιδευτικών πάρκων, βιβλιοθηκών, γκαλερί, χώρων, δηλαδή, που ενέχουν έμμεσο εκπαιδευτικό χαρακτήρα και ξεφεύγουν από την τυπική εκδοχή μιας σχολικής τάξης.

Η συχνή επανάληψη αυτών των χαρακτηριστικών στην περιγραφή της κατασκευής των νέων φυσικών χώρων μάθησης τα τελευταία χρόνια, δείχνει πως οι τάσεις αυτές είναι παγιωμένες πλέον. Συχνά, γίνεται έντονη χρήση μεταφορών που αφορούν τόσο στην αισθητική όσο και στη χρήση του χώρου (πχ. 'atrium', 'street', 'hub', 'drop-in center' και 'learning café') και μη αυστηρά καθορισμένων παιδαγωγικά όρων πράγμα που μπορεί να οδηγήσει σε παρανοήσεις (Boys & Smith, 2011). Για παράδειγμα, σε ένα «παιγνιώδες περιβάλλον» δε σημαίνει αυτομάτως πως ένας μαθητής μαθαίνει απαραίτητα καλύτερα (Boys & Smith, 2011). Πολύ περισσότερο, ένας χώρος που μοιάζει μη τυπικός μορφολογικά και αισθητικά δε σημαίνει πως

παράγει ή ευνοεί κατ' ανάγκη κάποιου διαφορετικού τύπου μάθηση στο εσωτερικό του. Αντιστοίχως, η διαθεματική προσέγγιση, η διάδραση, η δημιουργικότητα, η μάθηση μέσω παιχνιδιού, η συνεργασία είναι όροι που συχνά χρησιμοποιούνται στην περιγραφή κάποιου φυσικού χώρου, ωστόσο απαιτείται η σύνδεση με στρατηγικές μάθησης ή θεωρίες μάθησης και με την εν γένει αξιοποίηση των φυσικών χώρων. Διαφαίνεται, επομένως, ως βασική η ανάγκη της υιοθέτησης μιας συγκεκριμένης περιγραφικής γλώσσας τέτοιας που να εξηγεί με σαφήνεια τι είναι και πώς αξιοποιείται ένας φυσικός χώρος μάθησης (Scott-Webber, 2004).

Ο Boys (2011) συγκέντρωσε τις περιγραφές, τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά και τους στόχους αρκετών νέων φυσικών χώρων μάθησης στην Τριτοβάθμια εκπαίδευση από το Ηνωμένο Βασίλειο. Συγκεκριμένα, οι χώροι στους οποίους αναφέρεται είναι οι: Learning Gateway (St Martin's College, University of Cumbria), Telford FE College (Edinburgh), The Saltire Centre (Glasgow, Caledonian University), Civic Quarter Library (Leeds Met University), South East Essex FE College, InterActive Classroom (University of Strathclyde), The Learning Grid (University of Warwick), CETL in Creativity (University of Sussex), The Hive (Queen Mary, University of London). Τα συμπεράσματά του είναι πως οι χώροι αυτοί έχουν μία τάση να αναφέρονται στη μη-τυπική μάθηση (για παράδειγμα, η επίπλωση παραπέμπει σε λιγότερο «αυστηρή» δόμηση, υπάρχουν φωτεινά χρώματα και τεχνήματα που κοσμούν τους τοίχους), τείνουν στην εκπαιδευτική αλλά και κοινωνική διάδραση, είναι χώροι με ευελιξία, δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στο ρόλο των εκπαιδευτικών τεχνολογιών στο εσωτερικό τους, ενώ, ταυτόχρονα, χρησιμοποιούνται μεταφορές για να περιγραφεί η χρήση τους. Άλλες έρευνες που αναφέρονται στην περιγραφή σύγχρονων τεχνολογικά εμπλουτισμένων φυσικών χώρων μάθησης δεν ξεφεύγουν από την αναφορά εννοιών όπως «άνεση», «δημιουργικό περιβάλλον μάθησης», «συνεργασία», «δέσμευση και κίνητρο του εκπαιδευόμενου», «μαθητοκεντρικοί χώροι» (Antona et al., 2011; Jankowska & Atlay, 2008). Η εμβάθυνση στην επεξήγηση των όρων αυτών κατά περίπτωση είναι αναγκαία.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη περιπτώσεων που στοχεύουν στη διερεύνηση της σημασίας της διάταξης και του τρόπου με τον οποίο η εκάστοτε θέση των τεχνολογιών μπορεί να συνδεθεί με εκπαιδευτικές πρακτικές (Tondeur et al., 2015). Η ανάλυση των εικόνων και των σχηματικών απεικονίσεων 115 τάξεων δημοτικών σχολείων του Βελγίου σε μια τέτοια μελέτη σε συνδυασμό με τις συνεντεύξεις των εκπαιδευτικών τους, παρείχε ένα πλαίσιο σχετικά με όσα μπορούν να επιτευχθούν σε μία ευρείας κλίμακας έρευνα που δε χρησιμοποιεί ερωτηματολόγια. Η προσπάθεια των ερευνητών εστίασε στο κατά πόσο τα νέα διδακτικά τεχνολογικά μέσα και οι νέες τεχνολογίες φαίνεται να επηρεάζουν την παραδοσιακή διάταξη

μιας σχολικής τάξης. Παρατήρησαν πως ακόμα και μέσα στην άκαμπτη γεωμετρία των παραδοσιακών τάξεων των σχολείων που εξετάστηκαν, εμφανίστηκαν ενδιαφέρουσες καταστάσεις. Στις τάξεις που αναλύθηκαν, συχνά υπήρχαν πολλαπλές οθόνες: για παράδειγμα, παρατηρήθηκαν μικρές «τεχνολογικές» γωνίες με οθόνες, επιτραπέζιοι υπολογιστές σε κάθε θρανίο, διαδραστικοί πίνακες μπροστά στην τάξη, με αποτέλεσμα η προσοχή της ομάδας να διαχέεται σε διαφορετικές εστίες. Σε αυτήν την περίπτωση, οι διαστάσεις της οθόνης και η ακριβής θέση αυτών των συσκευών έδειχναν να έχουν μεγάλη σημασία. Το μέγεθος της οθόνης άρχισε να ορίζει το είδος των ομάδων μέσα σε μια τάξη, μαζί με τις μεθόδους εργασίας και το είδος της διδασκαλίας, τις πρακτικές, πιο πολύ και από τη γεωμετρική μορφή της τάξης (Tondeur et al., 2015). Ταυτόχρονα, όμως, ορισμένοι εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν στην ίδια έρευνα ανέφεραν ότι αυτή η διάσπαση που προκαλείται λόγω της οθόνης αποτελεί μειονέκτημα για τους μαθητές. Ορισμένοι από τους ερωτηθέντες εκπαιδευτικούς αποφάσισαν να «κρύψουν» τον υπολογιστή στη γωνία της τάξης τους. Ως εκ τούτου, η τεχνολογία κάποιες φορές απομονώθηκε έτσι ώστε να μην διαταραχθούν οι θεωρούμενες ως βασικές δραστηριότητες. Με αυτό τον τρόπο, διαφαίνεται ότι η παραδοσιακή τάξη συχνά αποδεικνύεται ακατάλληλη να συμπεριλάβει νέες τεχνολογίες και να υποστηρίξει τις σύγχρονες εκπαιδευτικές πρακτικές.

1.2.4.4 Φυσικοί χώροι μάθησης και μαθησιακά αποτελέσματα

Υφίστανται εμπειρικές μελέτες που δεν αναφέρονται μόνο στα φυσικά χαρακτηριστικά των χώρων (φωτισμός, χρώματα, αισθητική ηχητική, κλπ.), αλλά εστιάζουν στη μαθησιακή διαδικασία που εξυπηρετούν σε συνδυασμό με τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται. Η έμφαση, ωστόσο, δε δίνεται στο ποιες είναι οι τεχνολογίες και πώς ακριβώς αξιοποιούνται, αλλά κυρίως στον φυσικό χώρο ως σύνολο, ως σύνθεση των παραπάνω παραγόντων.

Μία από τις πρώτες εμπειρικές μελέτες σχετικά με την αξιολόγηση τέτοιων φυσικών χώρων τυπικής μάθησης πραγματοποιήθηκε από ερευνητές του MIT σχετικά με την αίθουσα TEAL (Technology Enabled Active Learning). Αναδείχθηκε πως υπάρχει συσχέτιση της χρήσης του χώρου με τη μείωση των αποτυχιών σε συγκεκριμένα μαθήματα και με την καλύτερη αφομοίωση σύνθετων εννοιών (Dori et al., 2003). Πιο πρόσφατα (2007-2008) μέσω του προγράμματος Active Learning Classrooms (University of Minnesota, USA) δημιουργήθηκαν σύγχρονες τάξεις αποτελούμενες από ολιγομελείς ομάδες. Οι τάξεις αυτές δίνουν την ευκαιρία για διάδραση και συνεργασία (υπάρχουν μεγάλα στρογγυλά τραπέζια με υπολογιστές) και παρέχουν πολλαπλές επιφάνειες προβολής και σύγχρονες διαδραστικές δυνατότητες. Μια από τις λίγες ενδεδειγμένες μελέτες στη βιβλιογραφία σχετικά με την αξιολόγηση εμπλουτισμένων

τεχνολογικά (“rich-ICT” ή “technology enhanced”) φυσικών χώρων μάθησης ακολουθώντας το Outcomes model παρέχει χρήσιμα εμπειρικά αποτελέσματα σχετικά με τους χώρους αυτούς (Brooks, 2011). Για τους σκοπούς της συγκεκριμένης μελέτης πραγματοποιήθηκαν συνεντεύξεις, έρευνες με τη χρήση ερωτηματολογίων και καταγραφή δραστηριοτήτων (student assignment logs). Η αξιολόγηση των χώρων με βάση τα μαθησιακά αποτελέσματα έγινε συγκριτικά με τη διδασκαλία σε παραδοσιακές αίθουσες, την ίδια χρονική περίοδο, από τον ίδιο εκπαιδευτικό, με τα ίδια υλικά, κλπ. Η αξιολόγηση έγινε στο μάθημα της Βιολογίας και έδειξε πως οι εκπαιδευόμενοι που συμμετείχαν στις νέες αίθουσες ξεπέρασαν τις αρχικές προσδοκίες σε σχέση με τον βαθμό που έλαβαν, δηλαδή ακαδημαϊκά η επίδοσή τους ήταν σαφώς ανώτερη από το αναμενόμενο. Ο Brooks (2011) τονίζει πως η μελέτη αυτή είναι πιθανότατα η πρώτη που αποδεικνύει πως ο χώρος ακόμα και μόνος του μπορεί να επηρεάσει θετικά τη μάθηση. Φυσικά, εδώ αναφέρεται η έννοια «χώρος» όχι μόνο με την έννοια του συνόλου των φυσικών χαρακτηριστικών όπως θερμοκρασία, χρώμα, φωτισμός κλπ. αλλά λαμβάνονται υπόψη χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την τεχνολογία και τις μαθησιακές διαδικασίες που μπορούν να πραγματοποιηθούν εντός του.

Ακολούθησαν δύο άλλες σχετικές έρευνες με αντίστοιχη μεθοδολογία. Η πρώτη αναδεικνύει πως ένας εμπλουτισμένος τεχνολογικά φυσικός χώρος μάθησης επηρεάζει θετικά τον καθηγητή, κατά συνέπεια, τον τρόπο διδασκαλίας και, εμμέσως, τη συμπεριφορά των εκπαιδευόμενων σχετικά με την παρακολούθηση και συμμετοχή σε κάποια εκπαιδευτική δραστηριότητα (Brooks, 2012). Η δεύτερη αξιολογεί και εκείνη τη σχέση των νέων εμπλουτισμένων τεχνολογικά φυσικών χώρων μάθησης (συγκεκριμένα τις νέες αίθουσες TEAL στο Iowa University, USA) με την επίδοση των εκπαιδευόμενων (Van Horne, Murniati, Gaffney, & Jesse, 2012). Τα αποτελέσματά της είναι εξίσου ενθαρρυντικά. Ακόμα, έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες που συσχετίζουν θετικά τον βαθμό ικανοποίησης του εκπαιδευόμενου με τη χρήση σύγχρονων τεχνολογικά εμπλουτισμένων φυσικών χώρων μάθησης (Jankowska & Atlay, 2008) και αξιολογούν θετικά τη διάδραση που αντιλαμβάνεται ο εκπαιδευόμενος με τον καθηγητή, με τους άλλους εκπαιδευόμενους και με τον ίδιο τον χώρο (Wilson & Randall, 2012).

1.2.5 Συμπεράσματα από την επισκόπηση των φυσικών χώρων μάθησης

Κύριο εύρημα της παρούσας βιβλιογραφικής επισκόπησης είναι ότι η επιλογή και η συσχέτιση των τεχνολογιών που μπορεί να περιέχει ο φυσικός χώρος μάθησης δεν έχει καταγραφεί στη σύγχρονη έρευνα. Κατά κύριο λόγο, οι μελέτες σχετικά με τις εκπαιδευτικές τεχνολογίες επιλέγουν μία εκπαιδευτική τεχνολογία και στην καλύτερη περίπτωση συσχετίζουν την

τεχνολογία αυτή με τη μάθηση. Ο φυσικός χώρος, όμως, που εμπεριέχει την τεχνολογία, συχνά εμπεριέχει πλέγμα τεχνολογιών στο εσωτερικό του συνθέτοντας, έτσι, ένα πλήρες σύνολο παραγόντων και δυναμικών. Το νήμα που μπορεί να συνδέσει τον χώρο και την τεχνολογία μπορεί να είναι οι θεωρίες μάθησης. Οι πλευρές που αναδεικνύονται και προκύπτουν από την επισκόπηση των φυσικών χώρων μάθησης είναι:

- η αδυναμία συσχέτισης των χώρων με τις σύγχρονες θεωρίες και στρατηγικές μάθησης
- η ανάγκη για υιοθέτηση περιγραφικών όρων που να είναι σαφείς και ακριβείς
- η συχνή μεταφορά στην τυπική εκπαίδευση του ρόλου χώρων που ανήκουν στη μη τυπική εκπαίδευση
- η ανάγκη για υιοθέτηση ενός τεχνολογικού πλαισίου σε αντιστοιχία με την αξιοποίηση ενός χώρου
- ο ορισμός ενός ελάχιστου επιπέδου φυσικών παραγόντων που διασφαλίζουν τους όρους διεξαγωγής των διδακτικών και μαθησιακών δραστηριοτήτων
- ο ορισμός της προσδοκώμενης διάρκειας ζωής ενός χώρου με βάση παράγοντες που την επηρεάζουν
- ο ρόλος των χρηστών των χώρων και οι τρόποι διάδρασής τους
- η σχέση ενός φυσικού χώρου μάθησης με το εξωτερικό περιβάλλον.

1.2.6 Σχεδίαση και αξιοποίηση ενός τεχνολογικά εμπλουτισμένου φυσικού χώρου μάθησης

Τα αποτελέσματα της παραπάνω βιβλιογραφικής επισκόπησης ελήφθησαν υπόψη από το 2013 στη σχεδίαση, κατασκευή και αξιοποίηση μιας ευρύχωρης και τεχνολογικά εμπλουτισμένης αίθουσας σε ελληνικό ιδιωτικό δημοτικό σχολείο η οποία χρησιμοποιήθηκε στην πρώτη πιλοτική μελέτη της διατριβής. Στη διαδικασία μελέτης και σχεδίασης του χώρου συμμετείχαν, μεταξύ άλλων, εκπαιδευτικοί που θα χρησιμοποιούσαν τον χώρο μελλοντικά. Η αρχιτεκτονική σχεδίαση του χώρου βασίστηκε σε τρισδιάστατη αναπαράσταση που δημιουργήθηκε από τον συγγραφέα (Σχήμα 1.1) σε συνεργασία με ομάδα εκπαιδευτικών του σχολείου, εγκρίθηκε από τη Διεύθυνση και το σύνολο των εκπαιδευτικών και υλοποιήθηκε από ειδική μελετητική και κατασκευαστική ομάδα (project manager, μηχανικοί και διακοσμητές).

Η σχεδίαση και κατασκευή της συγκεκριμένης αίθουσας βασίστηκε σε αρκετές από τις μελέτες που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες ενότητες. Η εμπλοκή των εκπαιδευτικών σε όλη τη διαδικασία έγινε με στόχο να τους προσφέρει μεγαλύτερη αίσθηση ιδιοκτησίας (Higgins et al., 2005; Hod, 2017; Könings et al., 2017; Könings et al., 2014; van Merriënboer et al., 2017) και ιδέες για τη μετέπειτα αξιοποίησή της. Για τη διαδικασία μελέτης και κατασκευής της αίθουσας

ακολουθήθηκε παρεμφερής διαδικασία με τις τρεις φάσεις που περιγράφηκαν στη μεταγενέστερη έρευνα των van Merriënboer et al. (2017), χωρίς ωστόσο να συμμετάσχουν μαθητές. Επιπλέον, το μοντέλο αξιολόγησης που καθορίστηκε για τον συγκεκριμένο φυσικό χώρο μάθησης ήταν το Activity model με τη δέσμευση για συνολική αξιολόγηση ανά τριετία από τους εκπαιδευτικούς και τη Διεύθυνση του σχολείου. Συμφωνήθηκε, δηλαδή, πως το πλαίσιο που τέθηκε στους αρχικούς στόχους του χώρου από το διδακτικό προσωπικό του σχολείου είναι επαρκές για να αξιολογήσει τον χώρο αυτό (Bligh & Pearshouse, 2011).

Οι στόχοι που καταγράφηκαν πριν την κατασκευή της αίθουσας είναι γενικοί, χωρίς να δεσμεύονται από τις τεχνολογίες που επιλέχθηκαν στο εσωτερικό της, και είναι οι εξής:

- ενεργοποίηση και έκφραση των μαθητών
- οργάνωση διαφοροποιημένου υλικού προσαρμοσμένου στα προσόντα, στα ταλέντα, στα ενδιαφέροντα, στις κλίσεις και στις ανάγκες κάθε μαθητή
- οικοδόμηση γνώσης στηριζόμενοι στην προϋπάρχουσα, στην εμπειρία και στο επίπεδο ετοιμότητας κάθε μαθητή
- υποστήριξη των επιμέρους αναλυτικών προγραμμάτων
- ενίσχυση της διδασκαλίας μέσω ομαδοσυνεργατικών μεθόδων
- διεύρυνση των μεθόδων αξιολόγησης της προσπάθειας των μαθητών
- προβολή της δουλειάς των μαθητών στην ευρύτερη σχολική κοινότητα μέσω ψηφιακών εκθεμάτων αντίστοιχα με τον τρόπο που γίνεται σε σύγχρονες μουσειακές εκθέσεις.



Σχήμα 1.1. Προσχέδιο της διαδραστικής αίθουσας σε τρισδιάστατη αναπαράσταση

Η συγκεκριμένη αίθουσα διαθέτει πέντε διαδραστικά τραπέζια πολλών χρηστών, μία μεγάλη οθόνη (video wall) πολλών χρηστών, έναν διαδραστικό πίνακα που προσφέρει

δυνατότητες τρισδιάστατης στερεοσκοπικής προβολής με τη βοήθεια ειδικού projector και 3D Active γυαλιών, καθώς και 27 ταμπλέτες Android που μπορούν να χρησιμοποιηθούν πάνω σε στρογγυλά τραπέζια. Οι διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών (τραπέζια και μεγάλη οθόνη) μπορούν να εξυπηρετήσουν ταυτόχρονο άγγιγμα μέχρι και δέκα σημείων επαφής. Στα Σχήματα 1.2 και 1.3 παρουσιάζεται η συγκεκριμένη αίθουσα μετά την κατασκευή της καθώς και οι δύο παραπάνω διαδραστικές τεχνολογίες.



Σχήμα 1.2. Μεγάλη οθόνη πολλών χρηστών (δημοσιεύεται κατόπιν σχετικής άδειας)



Σχήμα 1.3. Διαδραστικά τραπέζια (δημοσιεύεται κατόπιν σχετικής άδειας)

Επίσης, τα φυσικά χαρακτηριστικά του χώρου (επίπλωση, φωτισμός, διαρρύθμιση, θερμοκρασία, κλπ) είναι σχεδιασμένα και προσαρμοσμένα στην ηλικία των μαθητών.

Κατά τη διάρκεια της σχεδίασής της και σε όλη την περίοδο λειτουργίας της αίθουσας, υλοποιήθηκαν δεκάδες επιμορφωτικές συναντήσεις και σεμινάρια σχετικά με τη βέλτιστη χρήση του χώρου. Στις συναντήσεις αυτές παρουσιάστηκαν πορίσματα από την επιστημονική έρευνα σχετικά με τις διαδραστικές τεχνολογίες που φιλοξενούνται, ιδέες και συγκεκριμένες πρακτικές για την αξιοποίηση της διάταξης της αίθουσας και της ταυτόχρονης χρήσης δύο ή και παραπάνω τεχνολογιών μέσα στο μάθημα. Συμμετείχαν

πολλοί από τους εκπαιδευτικούς που χρησιμοποίησαν και συνεχίζουν να χρησιμοποιούν την αίθουσα και δόθηκε έμφαση στη συνεργατική μάθηση. Η σχεδίαση δραστηριοτήτων και μαθημάτων, συχνά εμπεριείχε την εναλλαγή διαφορετικών τεχνολογιών μέσα στην ίδια διδακτική χρονική περίοδο. Η χρήση της συγκεκριμένης αίθουσας μέσα στην τριετία 2013-2016 από δασκάλους και μαθητές όλων των τάξεων του Δημοτικού πραγματοποιήθηκε κυρίως στα αντικείμενα της Γλώσσας, των Μαθηματικών, των Αγγλικών και των ΤΠΕ.

Η διάταξη της αίθουσας εξυπηρετεί αρκετές διαφορετικές ανάγκες, διαδρομές από διάφορα σημεία του χώρου και εναλλαγή μεταξύ των τεχνολογιών. Μεταξύ άλλων:

- ο εκπαιδευτικός μπορεί να λειτουργήσει μετωπικά κάνοντας χρήση ενός διαδραστικού πίνακα ή της μεγάλης κατακόρυφης διαδραστικής οθόνης πολλών χρηστών
- μπορεί να πραγματοποιηθεί προβολή τρισδιάστατων αναπαραστάσεων ειδικής βιβλιοθήκης στερεοσκοπικών προσομοιώσεων από ένα ευρύ φάσμα αντικειμένων, κάνοντας χρήση του 3D DLP projector και των 3D Active γυαλιών
- οι μαθητές μπορούν να δουλέψουν ατομικά ή ομαδικά κάνοντας χρήση των ταμπλετών ως ατομικές συσκευές για την υποστήριξη μίας δραστηριότητας
- η διάδραση πολλών χρηστών στη μεγάλη οθόνη (video wall) λειτουργεί ως μέσο προβολής πρακτικών συνεργασίας, τρόπων λειτουργίας μιας ομάδας και συνεργασίας μεγάλων ομάδων
- τα διαδραστικά τραπέζια εξυπηρετούν τη συνεργασία σε ομάδες των 4-5 ατόμων.

1.3 Συνεργατικές διαδραστικές τεχνολογίες πολλών χρηστών στην Εκπαίδευση

1.3.1 Χαρακτηριστικά των τεχνολογιών

Σύμφωνα με τις θεωρίες που υποστηρίζουν την κοινωνική οικοδόμηση της γνώσης, οι μαθητές μπορούν να αναπτύσσουν την κατανόησή τους όταν δημιουργούν συνεργατικά και μοιράζονται μεταξύ τους αντικείμενα - τεχνητές αναπαραστάσεις (Evans & Rick, 2010).

Η διεπαφή με τον τυπικό προσωπικό υπολογιστή που βασίζεται στην οθόνη, στο πληκτρολόγιο και στο ποντίκι, δεν προσφέρεται εύκολα για συνεργατικές διαδικασίες μάθησης. Ο λόγος είναι σχετικά απλός: υπάρχει μόνο ένα πληκτρολόγιο και ένα ποντίκι και, άρα, μόνο ένας χρήστης μπορεί να εισάγει δεδομένα κάθε στιγμή. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια νέες τεχνολογίες διεπαφής έχουν εμφανιστεί, τεχνολογίες που επιτρέπουν την άμεση και ταυτόχρονη χρήση του υπολογιστή από πολλούς χρήστες. Οι τεχνολογίες αυτές αποτελούν ψηφιακά συστήματα που ελέγχονται κυρίως μέσω της αφής και τις κινήσεις/χειρονομίες που πραγματοποιούνται στην επιφάνειά τους, επιτρέποντας στους χρήστες να αλληλεπιδρούν με τα ψηφιακά αντικείμενα που αναπαρίστανται χρησιμοποιώντας τα χέρια τους (Hesselmann & Boll, 2010). Οι διαδραστικές επιφάνειες προσφέρουν δυνατότητες για την υποστήριξη ομαδικών εργασιών (Collins et al., 2011). Η ταυτόχρονη και παράλληλη υπόσταση των ενεργειών αφής και η κινητικότητα των χρηστών των διαδραστικών τεχνολογιών πολλών χρηστών επεκτείνουν τις δυνατότητες για επικοινωνία και συνεργασία (Yuill & Rogers, 2012). Η ενότητα αυτή εστιάζει στις τρεις κυριότερες διαδραστικές εκπαιδευτικές τεχνολογίες που επιτρέπουν την εύκολη ταυτόχρονη χρήση τους από μέλη ομάδων μέσα στον ίδιο φυσικό χώρο: τα διαδραστικά τραπέζια πολλών χρηστών (multi-touch tabletops), τις μεγάλες διαδραστικές οθόνες πολλών χρηστών (large scale multi-touch interactive displays) και τους προσωπικούς υπολογιστές με πολλά ποντίκια (single display groupware systems with multiple mice).

Οι τελευταίοι διαθέτουν συνήθως 4-5 ποντίκια τα οποία χρησιμοποιούνται ατομικά από αντίστοιχο αριθμό χρηστών. Ο δείκτης που αντιστοιχεί σε κάθε ποντίκι εμφανίζεται με διαφορετική μορφή ώστε να διακρίνεται από τους υπόλοιπους. Η διάδραση των χρηστών με τα ψηφιακά αντικείμενα της οθόνης πραγματοποιείται έμμεσα, μέσω των ατομικών ποντικιών, μια διαδικασία με την οποία κάθε χρήστης υπολογιστή είναι εξοικειωμένος. Οι διαφορετικοί δείκτες απεικονίζουν τη συμβολή κάθε μαθητή στο έργο της ομάδας διαρκώς και σε πραγματικό χρόνο (Moraveji, Inkpen, Cutrell, & Balakrishnan, 2009). Κάθε χρήστης έχει το ποντίκι μπροστά του και το κινεί σε μια οριζόντια επιφάνεια που αποτελεί μια νοητή αναλογία της κατακόρυφης επιφάνειας της οθόνης. Το εύρος της φυσικής κίνησης του χεριού του χρήστη είναι σχετικά περιορισμένο λόγω της αναλογίας αυτής. Ωστόσο, τα δύο κουμπιά του ποντικιού

και η περιστρεφόμενη ροδέλα, δίνουν αρκετές δυνατότητες στη διάδραση με βάση γρήγορες ενέργειες που απαιτούν μικρές κινήσεις των δακτύλων. Σημειώνεται πως παρόλο που δεν επιτρέπει την άμεση επαφή με κάποια διαδραστική επιφάνεια, η συγκεκριμένη τεχνολογία εντάσσεται και εκείνη στις τεχνολογίες που θα μελετηθούν, αφενός λόγω της προφανούς εξοικείωσης των χρηστών με το ποντίκι ως συσκευής εισόδου και, αφετέρου, για λόγους σύγκρισης των αποτελεσμάτων χρήσης της με τις υπόλοιπες τεχνολογίες. Η ομοιότητά της με τον παραδοσιακό προσωπικό υπολογιστή είναι μεγάλη μια και στην ουσία αποτελεί μια απλή επέκτασή του, ενώ ταυτόχρονα επιτρέπει την ομαδική χρήση.

Τα διαδραστικά τραπέζια πολλών χρηστών είναι οριζόντιες επιφάνειες αφής μεγέθους ενός μικρού τραπεζιού και προορίζονται για ομάδες 2-6 χρηστών. Οι χρήστες μπορούν να διαχειρίζονται ταυτόχρονα και παράλληλα τα ψηφιακά πολυμεσικά αντικείμενα που παρουσιάζονται στην οθόνη. Επιπλέον, βρίσκονται γύρω από την οριζόντια επιφάνειά του και, έτσι, έχουν τη δυνατότητα της άμεσης και καθαρής οπτικής επαφής με τους συνεργάτες τους κατά τη διάρκεια εκπόνησης μιας εργασίας. Ωστόσο, κάθε χρήστης βλέπει τα ψηφιακά αντικείμενα που απεικονίζονται υπό διαφορετική οπτική γωνία. Οι δυνατότητες που δίνουν τα διαδραστικά τραπέζια στις φυσικές χειρονομίες και κινήσεις που ορίζουν τη διάδραση αποτελούν ένα κύριο χαρακτηριστικό της τεχνολογίας αυτής και αναδεικνύουν την πληθώρα επιλογών στη διεπαφή. Οι δυνατότητες που παρέχονται είναι οι εξής (Aliakseyeu, Subramanian, & Alexander, 2010; Hinrichs & Carpendale, 2011):

- σύρε /μετακίνηση
- μεγέθυνση /σμίκρυνση (το «άνοιγμα» δύο δακτύλων με το δείκτη και τον αντίχειρα και το «τσίμπημα» με τη χρήση πέντε δακτύλων)
- περιστροφή, ταχύ πάτημα και απελευθέρωση κουμπιού (tap)
- σάρωση (ενέργεια μετακίνησης ενός αντικειμένου σε όλη σχεδόν την έκταση της διαδραστικής επιφάνειας με λιγότερο ελεγχόμενο τρόπο από την ενέργεια σύρε/μετακίνηση)
- τίναγμα (σύντομο ισχυρό πέταγμα ενός στοιχείου προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση)
- κράτημα (σταθερό πάτημα ενός πολυμεσικού αντικειμένου)
- ασύμμετρη χρήση των χεριών
- επιλογή αντικειμένου (διαφορετικό από το ταχύ πάτημα).

Οι μεγάλες διαδραστικές οθόνες πολλών χρηστών είναι κατακόρυφες διαδραστικές επιφάνειες - οθόνες μεγάλου μεγέθους, περίπου 80" και άνω. Τα μέλη μίας ομάδας χρηστών μπορούν να αγγίζουν άμεσα με το χέρι τα ψηφιακά πολυμεσικά αντικείμενα ταυτόχρονα, δεδομένου ότι οι οθόνες αυτές διαθέτουν συχνά ικανό αριθμό σημείων ταυτόχρονης επαφής. Οι δυνατότητες χειρισμού των ψηφιακών πολυμεσικών αντικειμένων είναι ουσιαστικά οι ίδιες με τα διαδραστικά τραπέζια και μπορούν να χρησιμοποιούν τα ίδια λογισμικά. Η στάση των χρηστών όμως είναι όρθια, ενώ το χέρι τους εκτείνεται οριζόντια κατά τη διεπαφή. Σε σχέση με τους διαδραστικούς πίνακες (interactive whiteboards) που χρησιμοποιούνται ευρέως στην εκπαίδευση, πλεονεκτούν στο ότι δίνουν τη δυνατότητα ταυτόχρονης διεπαφής σε περισσότερους μαθητές χωρίς να είναι αναγκαία η χρήση κάποιου ειδικού ψηφιακού μαρκαδόρου. Θα μπορούσαν να περιγραφούν και ως «ενισχυμένοι διαδραστικοί πίνακες». Οι μεγάλες διαδραστικές οθόνες διευκολύνουν την προβολή ενός έργου ή της εξέλιξης της υλοποίησης του σε τρίτους. Οι «θεατές» δε συμμετέχουν άμεσα στην υλοποίηση μιας δραστηριότητας, παρά μόνο λεκτικά και μόνο αν αυτό ζητηθεί. Κάθε χρήστης των μεγάλων διαδραστικών οθονών πολλών χρηστών στέκεται δίπλα στον άλλον. Επομένως, πρέπει να μετακινείται αν δε βρίσκεται μπροστά του κάποιο πολυμεσικό στοιχείο που απαιτείται να αγγίξει. Με τον τρόπο αυτό η συνεργατική χρήση απαιτεί διαρκή κίνηση και επικοινωνία. Η άμεση αντίληψη των χρηστών σε σχέση με την επιφάνεια της διαδραστικής οθόνης πολλών χρηστών και η οπτική τους δε διαφέρει πολύ. Όλοι οι χρήστες βλέπουν τα ίδια αντικείμενα από την ίδια περίπου οπτική γωνία. Οι τρεις αυτές τεχνολογίες παρουσιάζονται στα Σχήματα 1.4 και 1.5.



Σχήμα 1.4. Διαδραστικά τραπέζια και μεγάλη διαδραστική οθόνη πολλών χρηστών (Mercier et al., 2016)



Σχήμα 1.5. Υπολογιστής και μεγάλη οθόνη με πολλά ποντίκια (Moraveji, 2009)

1.3.2 Συνεργατικές διαδραστικές τεχνολογίες πολλών χρηστών στην εκπαιδευτική πράξη

Η χρήση των υπολογιστών που συνδέονται με πολλά ποντίκια είναι ένας εύκολος και οικονομικός τρόπος ενίσχυσης ενός απλού υπολογιστικού συστήματος με συνεργατικές δυνατότητες. Μία σχετικά πρόσφατη εμπειρική μελέτη ανέλυσε την ευκολία χρήσης υπολογιστή με πολλά ποντίκια, ανέπτυξε τους παράγοντες που ενισχύουν τη συνεργατική μάθηση, αξιολόγησε τα μαθησιακά αποτελέσματα στο πλαίσιο των καθορισμένων στόχων ενός γλωσσικού μαθήματος, ανέλυσε ως ένα βαθμό τη μη λεκτική επικοινωνία μεταξύ των χρηστών και αξιολόγησε θετικά τη συμβολή του συστήματος αυτού (Szewkis et al., 2011). Η έρευνα για την παιδαγωγική αξιοποίηση του υπολογιστή με πολλά ποντίκια δείχνει πως η ικανοποίηση των χρηστών και τα μαθησιακά αποτελέσματα είναι σχετικά θετικά (Amershi, Morris, Moraveji, Balakrishnan, & Toyama, 2010; Beheshti, Devender, & Horn, 2012; Hornecker, Marshall, Dalton, & Rogers, 2008; Infante, Hidalgo, Nussbaum, Alarcón, & Gottlieb, 2009; Moraveji et al., 2009; Moraveji et al., 2008). Οι μελέτες εστιάζουν κυρίως στην αντίληψη των μαθητών και στα κίνητρα που τους παρέχονται. Δεδομένου ότι πρόκειται για ένα οικονομικό σύστημα συνεργασίας και διεπαφής, μπορεί να εφαρμοστεί ακόμα και σε λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες (Moraveji et al., 2008; Pawar, Pal, & Toyama, 2006). Παράλληλα, έχει διερευνηθεί η ταυτόχρονη χρήση μέχρι και 32 χρηστών σε μεγάλη οθόνη προβολής, αν και έχει διαφανεί πως ο αυξανόμενος αριθμός χρηστών καθιστά σταδιακά το σύστημα λιγότερο αποτελεσματικό (Moraveji et al., 2009). Ωστόσο, μετά την μαζική έλευση των διαδραστικών τεχνολογιών πολλών σημείων αφής, η σχετική έρευνα έχει περιοριστεί.

Τα διαδραστικά τραπέζια πολλών χρηστών έχουν χρησιμοποιηθεί για τη διεξαγωγή δραστηριοτήτων σε διάφορα γνωστικά πεδία. Μελέτες σχετικές με τη μάθηση αλλά και με τη συσχέτιση του μαθησιακού αποτελέσματος με τη συνεργασία, παρέχουν θετικές ενδείξεις ότι η συνεργασία γύρω από μια διαδραστική επιφάνεια πολλών χρηστών μπορεί να οδηγήσει σε

θετικά μαθησιακά αποτελέσματα σε σχέση με άλλες τεχνικές (Higgins, Mercier, Burd, & Joyce-Gibbons, 2012; Mercier & Higgins, 2013; Piper & Hollan, 2009; Schneider, Strait, et al., 2012). Μια βασική πρόκληση στο σχεδιασμό εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων που υποστηρίζονται σε διαδραστικά τραπέζια πολλών χρηστών είναι η εύρεση της απαιτούμενης ισορροπίας μεταξύ των ατομικών ενεργειών του καθενός και των συνεργατικών ομαδικών ενεργειών (Maldonado, Kay, & Yacef, 2010). Συνήθως, η χωρική οργάνωση των δραστηριοτήτων στα τραπέζια είναι κάτι που επιτυγχάνεται αρκετά δυναμικά όταν οι χρήστες είναι παιδιά (Jamil, O'Hara, Perry, Karnik, & Subramanian, 2011). Οι χρήστες μπορούν να κινούνται γύρω από το τραπέζι για να εργάζονται σε στενή εγγύτητα μεταξύ τους. Σε μία μελέτη, οι δυσκολίες στην πρόσβαση απομακρυσμένων σημείων πάνω στη διαδραστική επιφάνεια πολλών χρηστών αντιμετωπίστηκαν ως ευκαιρίες για θετική αλληλεπίδραση μεταξύ των χρηστών (Goh, Shou, Tan, & Lum, 2012). Ένα άλλο θέμα που έχει απασχολήσει τη βιβλιογραφία, αφορά στη συνύπαρξη των διαδραστικών τραπεζιών πολλών χρηστών στον ίδιο χώρο με άλλες σύγχρονες εκπαιδευτικές τεχνολογίες, όπως των tablets και των κινητών τηλεφώνων (Coughlan et al., 2012). Σημειώνεται ότι ενδιαφέρον εμφανίζεται στην έρευνα σχετικά με την εφαρμογή συγκριμένων διδακτικών μοντέλων για την αξιοποίηση διαδραστικών τραπεζιών πολλών χρηστών (Antle, Bevans, Tanenbaum, Seaborn, & Wang, 2011; Dillenbourg & Evans, 2011; Harris et al., 2009; Morgan & Butler, 2009).

Οι μεγάλες κατακόρυφες διαδραστικές οθόνες πολλών χρηστών έχουν ερευνηθεί ελάχιστα ως προς την εκπαιδευτική τους αξία. Περισσότερη έρευνα έχει γίνει σχετικά με την παρεμφερή τεχνολογία των διαδραστικών πινάκων. Οι δυνατότητες των επιφανειών των διαδραστικών πινάκων, μέχρι πρόσφατα, περιορίζονται κυρίως στην προβολή και όχι στην κοινή συνεργατική διεπαφή. Οι διαδραστικοί πίνακες επιτρέπουν τη χρήση από ένα ή λίγο περισσότερα άτομα με συγκεκριμένους τεχνολογικούς περιορισμούς: τα εμπορικά συστήματα συνήθως περιορίζονταν μέχρι πρόσφατα σε τέσσερα μόλις σημεία ταυτόχρονης αφής, όπως για παράδειγμα οι διαδραστικοί πίνακες SMARTBoard® 800 (Piper & Hollan, 2009). Η άμεση διεπαφή με την επιφάνεια της οθόνης έχει περιορισμούς, μια και πραγματοποιείται έμμεσα μέσω ειδικών μαρκαδόρων. Έτσι, ο παραπάνω περιορισμός επεκτείνεται στην έλλειψη μεγάλου εύρους κινήσεων/χειρονομιών που μπορεί άμεσα να πραγματοποιήσει ο χρήστης πάνω στην ψηφιακή επιφάνεια της κατακόρυφης οθόνης. Για παράδειγμα, η κίνηση της μεγέθυνσης, η οποία απαιτεί τουλάχιστον δύο δάχτυλα, μπορεί να πραγματοποιηθεί ταυτόχρονα μόνο από δύο χρήστες σε ένα σύστημα με τέσσερα σημεία αφής. Γενικά, τα οφέλη της χρήσης των διαδραστικών πινάκων καταγράφονται σχετικά μικρά σε σχέση με την τεράστια επένδυση που έχει πραγματοποιηθεί σε σχολεία παγκοσμίως (Slay, Siebörger, & Hodgkinson-Williams, 2008;

Torff & Tirotta, 2010) και σχετίζονται ως τώρα ελάχιστα με τη συνεργατική και ταυτόχρονη χρήση τους από πολλούς μαθητές. Ωστόσο, το κενό αυτό επιχειρείται να καλυφθεί τα τελευταία μόλις χρόνια με την ενίσχυση των κατακόρυφων διαδραστικών επιφανειών με περισσότερα σημεία ταυτόχρονης διεπαφής, έως και 16. Τα λίγα, ως τώρα, καταγεγραμμένα αποτελέσματα για τα νέα αυτά συστήματα δείχνουν πως οι χρήστες άνετα μεταπηδούν μεταξύ των διαφόρων τμημάτων της διαδραστικής οθόνης και μεταξύ των παράλληλων και κοινών τμημάτων του έργου τους (Jakobsen & Hornbæk, 2012, 2014). Επιπλέον, οι χρήστες μπορούν να αξιοποιούν την αφθονία του χώρου που τους παρέχεται και οι ομάδες χρηστών μπορούν να συνεργάζονται άνετα (Jakobsen & Hornbæk, 2012). Ένα από τα διαφαινόμενα οφέλη της συνεργασίας αυτής είναι πως τα μέλη της ομάδας μπορούν να παρακολουθούν από την ίδια οπτική γωνία το έργο των άλλων κατά την εξέλιξή του.

1.3.3. Διαδραστικές τεχνολογίες πολλών χρηστών και φυσικός χώρος μάθησης

Οι υπολογιστές με πολλά ποντίκια, σε όλες τις παραπάνω μελέτες, ήταν ενταγμένοι στην τάξη των μαθητών και συνδέονταν είτε με μία μεγάλη οθόνη, είτε με έναν απλό υπολογιστή σχολικού εργαστηρίου. Μία μόνο μελέτη έχει εστιάσει ως τώρα στο ζήτημα της διάταξης των διαδραστικών τραπεζιών εντός φυσικού χώρου ο οποίος διέθετε, επιπλέον, και ένα διαδραστικό πίνακα πολλών χρηστών (Mercier et al., 2016). Σκοπός της μελέτης ήταν να εξετάσει το κατά πόσο η φυσική διαμόρφωση επηρέασε τις αλληλεπιδράσεις και τα αποτελέσματα των ομάδων των μαθητών. Η σύγκριση της παραδοσιακής διάταξης (μετωπικής, με το βλέμμα των μαθητών προς τα εμπρός) και της διαμόρφωσης των καθισμάτων σε κεντρική διάταξη έδειξε ότι ο χώρος επηρέασε τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές αλληλεπιδρούσαν μεταξύ τους και την επιτυχία στο έργο τους, ενώ, παράλληλα, επηρέασε ελάχιστα τις συμπεριφορές των εκπαιδευτικών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές έκαναν περισσότερο διάλογο στην κεντρική διαμόρφωση, ενώ τα ποσοστά επιτυχίας της εργασίας ήταν υψηλότερα στην παραδοσιακή διαμόρφωση.

Οι μεγάλες κατακόρυφες διαδραστικές οθόνες πολλών χρηστών ως τώρα δεν έχουν μελετηθεί υπό το πρίσμα του χώρου μέσα στον οποίο εντάσσονται. Στη πράξη είναι συνήθως τοποθετημένες σε θέση κατάλληλη για μετωπική διδασκαλία, αντί του παραδοσιακού πίνακα.

Η έρευνα πάνω στις τρεις διαδραστικές τεχνολογίες έχει λάβει ελάχιστα υπόψη ως τώρα τη διάταξη του χώρου μέσα στον οποίο δοκιμάστηκαν. Για παράδειγμα, οι έρευνες στους υπολογιστές με πολλά ποντίκια πραγματοποιήθηκαν στις τάξεις των μαθητών οι οποίες ήταν διαμορφωμένες διαφορετικά μεταξύ τους, η πλειοψηφία των ερευνών σχετικά με τα διαδραστικά τραπέζια πραγματοποιήθηκε σε χώρους εκτός της τυπικής εκπαίδευσης (μουσεία,

ερευνητικά πανεπιστημιακά εργαστήρια, μέχρι και σε ενυδρεία), ενώ η έρευνα σχετικά με τις μεγάλες κατακόρυφες οθόνες πολλών χρηστών έχει πραγματοποιηθεί κατά βάση σε πανεπιστημιακά εργαστήρια και ελάχιστα εντός των σχολικών αιθουσών. Οι διαφορές στη διαμόρφωση των χώρων αυτών, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στις προηγούμενες ενότητες, είναι ικανές να παίζουν ένα σοβαρό ρόλο στην εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων. Ο ρόλος αυτός γίνεται σημαντικότερος σε περίπτωση μελετών συνδυασμένης χρήσης ή σύγκρισης μεταξύ τεχνολογιών.

2. Διαδραστικές τεχνολογίες πολλών χρηστών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: μελέτη ευχρηστίας

2.1 Εισαγωγή

Η παρούσα μελέτη συγκρίνει τις τρεις διαδραστικές τεχνολογίες πολλών χρηστών που αναφέρθηκαν στη Ενότητα 1.3 με βάση την εμπειρία μαθητών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης κατά την εκπόνηση μίας συνεργατικής δραστηριότητας. Τα συμπεράσματα της σύγκρισης αναδεικνύουν τις δυνατότητες και τους περιορισμούς των διαδραστικών τραπεζιών πολλών χρηστών, των μεγάλων διαδραστικών οθονών πολλών χρηστών και των προσωπικών υπολογιστών με πολλά ποντίκια στη βάση των χαρακτηριστικών τους. Δεδομένου ότι και οι τρεις τεχνολογίες βασίζονται στη διάδραση η οποία, μάλιστα, πραγματοποιείται σε ένα πλαίσιο συνεργασίας μεταξύ των χρηστών, είναι απαραίτητο τα συστήματα αυτά να είναι πρώτα από όλα εύχρηστα, και επομένως, κατάλληλα για μαθητές της Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Η ευχρηστία, αποτελεί βασική προϋπόθεση για την εξυπηρέτηση των στόχων ενός συνεργατικού τεχνολογικού συστήματος (Shaer et al., 2012).

Ο πλέον διαδεδομένος ορισμός της ευχρηστίας προέρχεται από το πρότυπο ISO 9241-11. Ευχρηστία είναι ο βαθμός στον οποίο ένα σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από καθορισμένους χρήστες με αποτελεσματικότητα, αποδοτικότητα και ικανοποίηση για να επιτευχθούν στόχοι εντός ενός καθορισμένου πλαισίου χρήσης. Οι σχέσεις μεταξύ αποτελεσματικότητας, αποδοτικότητας και ικανοποίησης φαίνεται να εξαρτώνται από μια σειρά παραγόντων όπως τον τομέα εφαρμογής, την εμπειρία του χρήστη και την πολυπλοκότητα των εργασιών που καλείται να πραγματοποιήσει (Frokjaer, Hertzum, & Hornbaek, 2000). Στην παρούσα μελέτη η ευχρηστία εκλαμβάνεται ως η υποστήριξη της προσπάθειας του χρήστη να αναγνωρίσει τις λογικές έννοιες και την εφαρμογή τους, τη λειτουργία και τον έλεγχο της λειτουργίας ενός συστήματος.

Η αντιληπτή ευχρηστία είναι η αίσθηση ευχρηστίας την οποία προσλαμβάνει ο χρήστης ενός συστήματος. Επηρεάζει σημαντικά την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας και τη συνολική μαθησιακή εμπειρία και ως εκ τούτου αποτελεί σημαντική απαίτηση ενός εκπαιδευτικού λογισμικού (Katsanos, Tselios, & Xenos, 2012) και υλικού. Η αντιληπτή ευχρηστία των τριών συγκεκριμένων τεχνολογιών, όπως καταγράφεται στην παρούσα μελέτη, καθώς και ο αντιληπτός φόρτος από τη χρήση τους στην ίδια διαδικασία είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη πριν την εξέταση της συνεργασίας και της μάθησης. Στην πραγματικότητα πρόκειται για

παράγοντες που σχετίζονται με τουλάχιστον τρεις από τις βασικές προϋποθέσεις για την ύπαρξη συνεργατικής μάθησης: την αίσθηση προσωπικής ευθύνης, την προωθητική αλληλεπίδραση πρόσωπο με πρόσωπο και την ομαδική επεξεργασία.

Ο φυσικός χώρος μέσα στον οποίο πραγματοποιήθηκε η σύγκριση είναι το σχολικό περιβάλλον των μαθητών, στην αίθουσα που περιγράφεται στην ενότητα 1.2.6. Με τον τρόπο αυτό επιδιώχθηκε η εξασφάλιση της λειτουργικότητας του χώρου από άποψη φυσικών χαρακτηριστικών, μια και η σχεδίαση της αίθουσας έγινε από τους εκπαιδευτικούς του σχολείου, γεγονός υποβοηθητικό για μία μελέτη ευχρηστίας. Επιπλέον, από τη στιγμή που οι μαθητές χρησιμοποιούσαν συχνά την αίθουσα και τις τρεις τεχνολογίες που περιέχονται σε αυτήν, τα ξεχωριστά αποτελέσματα από τη χρήση τους είναι άμεσα συγκρίσιμα και δεν επηρεάζονται από τη νεωτερικότητα μίας νέας για εκείνους τεχνολογίας.

Τέλος, για να εξασφαλιστεί πως η διάταξη του χώρου δεν επηρεάζει με κάποιον τρόπο τα αποτελέσματα σχετικά με την ευχρηστία των τεχνολογιών, κάθε ομάδα εργάστηκε ξεχωριστά από τις υπόλοιπες σε διαφορετική χρονικά στιγμή. Δεδομένου ότι δεν απαιτήθηκε συνδυασμένη χρήση δύο τεχνολογιών στη συγκεκριμένη μελέτη, εξασφαλίζεται πως ο παράγοντας χώρος δεν έπαιξε κάποιον ρόλο στη μέτρηση των αποτελεσμάτων και, κατά συνέπεια, στα συμπεράσματα. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε χωρίς να επιτραπεί η επικοινωνία μεταξύ μαθητών που είχαν ολοκληρώσει τη δραστηριότητα και όσων δεν την είχαν ακόμα ξεκινήσει.

Σκοπός της μελέτης είναι η διερεύνηση της υποκειμενικής αίσθησης ευχρηστίας, του αντιληπτού φόρτου εργασίας και της ικανοποίησης από τη συνεργασία. Ιδιαίτερο βάρος δίνεται στη σύγκριση των παραπάνω αποτελεσμάτων στα αγόρια και στα κορίτσια λόγω των συχνά αντιφατικών συμπερασμάτων για τον ρόλο που παίζει το φύλο στη συνεργασία μεταξύ παιδιών (Leman, 2010). Ως βασικός στόχος ορίζεται η επιλογή της τεχνολογίας ή των τεχνολογιών για τη μετέπειτα μελέτη της επικοινωνίας, της συνεργασίας και της μάθησης.

2.2 Δείγμα και εργαλεία μέτρησης

Στη μελέτη συμμετείχαν 76 μαθητές της ΣΤ΄ τάξης Δημοτικού ηλικίας περίπου 12 ετών (38 αγόρια και 38 κορίτσια). Από αυτούς, 28 μαθητές χρησιμοποίησαν τα διαδραστικά τραπέζια πολλών χρηστών, 24 τη μεγάλη διαδραστική οθόνη πολλών χρηστών και 24 μαθητές τους υπολογιστές με πολλά ποντίκια. Όλοι οι μαθητές είχαν χρησιμοποιήσει παλαιότερα και τις τρεις τεχνολογίες χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα κατά τη χρήση τους. Για τη διεξαγωγή της μελέτης εργάστηκαν πάνω στην ίδια δραστηριότητα. Κάθε ομάδα που χρησιμοποίησε τα διαδραστικά τραπέζια και τους υπολογιστές πολλών ποντικιών ήταν τετραμελής (χωρισμένη σε δύο υποομάδες των δύο ατόμων). Οι ομάδες που χρησιμοποίησαν τη μεγάλη διαδραστική οθόνη πολλών χρηστών ήταν οκταμελείς (διατεταγμένες σε δύο υποομάδες των τεσσάρων ατόμων). Η ανάθεση του είδους τεχνολογίας στους μαθητές του δείγματος έγινε με τυχαίο τρόπο, κατόπιν κλήρωσης.

Για την εκτίμηση της εμπειρίας των μαθητών από τις τρεις διαφορετικές τεχνολογίες, μετρήθηκε η υποκειμενική αίσθηση ευχρηστίας, ο αντιληπτός φόρτος εργασίας και η ικανοποίηση από τη συνεργασία. Η υποκειμενική αίσθηση ευχρηστίας μετρήθηκε με το ερωτηματολόγιο IBM Computer System Usability Questionnaire (CSUQ) (Lewis, 1993, 1995). Το συγκεκριμένο ερωτηματολόγιο έχει χρησιμοποιηθεί σε σχετικές έρευνες σύγκρισης της στάσης των χρηστών διαδραστικών τεχνολογιών (Baur, Hering, Boring, & Butz, 2011; Broll, Vodicka, & Boring, 2013) και στη μέτρηση της εμπειρίας χρηστών διαδραστικών τραπεζιών σε συνεργατικές δραστηριότητες (Do-Lenh, Kaplan, & Dillenbourg, 2009; Schiavo, Jacucci, Ilmonen, & Gamberini, 2011). Ίσως, ήταν η πρώτη φορά που το συγκεκριμένο ερωτηματολόγιο χρησιμοποιήθηκε από μαθητές Δημοτικού για τη μέτρηση της εμπειρίας τους στη χρήση διαδραστικών εκπαιδευτικών τεχνολογιών πολλών χρηστών. Το CSUQ επιλέχθηκε έναντι κάποιου άλλου σχετικού εργαλείου, όπως το System Usability Scale (SUS) (Brooke, 1996) το οποίο παρέχει 10 μόνο ερωτήσεις με μικρή σχετικά κλίμακα στις δυνατές απαντήσεις των χρηστών. Το SUS δεν επιλέχθηκε λόγω του ότι έχουν καταγραφεί ενδείξεις πως η πρότερη εμπειρία των χρηστών επηρεάζει τα αποτελέσματα από τη χρησιμοποίησή του (McLellan, Muddimer, & Peres, 2012; Sauro, 2011).

Το ερωτηματολόγιο CSUQ αποτελείται από 19 ερωτήσεις σε επταβάθμια κλίμακα Likert (1 = συμφωνώ απόλυτα - 7 = διαφωνώ απόλυτα). Σημειώνεται ότι δε χρησιμοποιήθηκε η ένατη ερώτηση του CSUQ που αναφέρεται σε μηνύματα λαθών των συστημάτων, επειδή δεν υπήρχαν τέτοια στη συγκεκριμένη δραστηριότητα. Η αφαίρεση της συγκεκριμένης ερώτησης είναι δυνατή (Lewis, 1993, 1995), γεγονός που επιβεβαιώθηκε από τον έλεγχο των

συντελεστών Cronbach's Alpha για την εγκυρότητα και την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων μετά την προσαρμογή αυτή. Από το CSUQ προκύπτουν οι εξής μεταβλητές υποκειμενικής ευχρηστίας (Lewis, 1993, 1995): «Χρησιμότητα» (CSUQ_SYSUSE, ερωτήσεις 1-8), «Ποιότητα Πληροφορίας» (CSUQ_INFOQUAL, ερωτήσεις 10-15), «Ποιότητα Διεπαφής» (CSUQ_INTERQUAL, ερωτήσεις 16-18) και «Συνολική υποκειμενική αίσθηση ευχρηστίας» (CSUQ_OVERALL, ερωτήσεις 1-19). Στις παραπάνω μεταβλητές οι μικρές τιμές υποδηλώνουν υψηλή ευχρηστία, ενώ οι μεγάλες υποδηλώνουν χαμηλή. Η αξιοπιστία των παραπάνω μεταβλητών κρίθηκε ικανοποιητική δεδομένου ότι οι συντελεστές Cronbach's Alpha ήταν μεγαλύτεροι από 0,7 (0,817 για την CSUQ_SYSUSE, 0,818 για την CSUQ_INFOQUAL, 0,795 για την CSUQ_INTERQUAL και 0,915 για την CSUQ_OVERALL). Το ερωτηματολόγιο CSUQ που χρησιμοποιήθηκε παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1. Ερωτηματολόγιο CSUQ

Σε κλίμακα 7 βαθμίδων (1 = Συμφωνώ απόλυτα - 7 = Διαφωνώ απόλυτα)

1. Συνολικά, είμαι ικανοποιημένος με το πόσο εύκολο ήταν να χρησιμοποιήσω αυτήν την τεχνολογία.
2. Είναι απλή η χρήση αυτής της τεχνολογίας.
3. Μπορώ να ολοκληρώσω αποτελεσματικά την εργασία μου με αυτήν την τεχνολογία.
4. Είμαι σε θέση να ολοκληρώσω το έργο μου γρήγορα χρησιμοποιώντας αυτήν την τεχνολογία.
5. Είμαι σε θέση να ολοκληρώσω αποδοτικά την εργασία μου με αυτήν την τεχνολογία.
6. Αισθάνομαι άνετα με τη χρήση αυτής της τεχνολογίας.
7. Ήταν εύκολο να μάθω να χρησιμοποιώ αυτήν την τεχνολογία.
8. Πιστεύω ότι τέλειωνα γρήγορα τη δουλειά μου χρησιμοποιώντας αυτήν την τεχνολογία.
9. -
10. Κάθε φορά που κάνω ένα λάθος μπορώ να το διορθώσω εύκολα και γρήγορα.
11. Οι πληροφορίες που παρέχονται με την τεχνολογία αυτή ήταν σαφείς.
12. Είναι εύκολο να βρω τις πληροφορίες που χρειάζομαι.
13. Είναι εύκολο να καταλάβω τις πληροφορίες.
14. Οι πληροφορίες είναι επαρκείς στο να ολοκληρώσω το έργο μου.
15. Η οργάνωση των πληροφοριών στις οθόνες είναι σαφής.
16. Η χρήση των συσκευών που χρησιμοποίησα είναι ευχάριστη.
17. Μου αρέσει η χρήση της τεχνολογίας αυτής .
18. Αυτή η τεχνολογία έχει όλες τις λειτουργίες και τις δυνατότητες που περίμενα να έχει.
19. Συνολικά, είμαι ικανοποιημένος με αυτήν την τεχνολογία.

Σε όλους τους μαθητές εξηγήθηκε η διαφορά των εννοιών «αποδοτικά» και «αποτελεσματικά» πριν τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων.

Ο αντιληπτός φόρτος εργασίας μετρήθηκε με το ερωτηματολόγιο NASA Task Load Index (TLX) (Hart & Staveland, 1988). Το εργαλείο NASA-TLX έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλές μελέτες για την αξιολόγηση του αντιληπτού φόρτου εργασίας σε διάφορα συστήματα διεπαφής ανθρώπου-μηχανής. Μέχρι το 2006, είχαν καταγραφεί πάνω από 550 επιστημονικές δημοσιεύσεις που βασίστηκαν σε αυτό (Hart, 2006) και έχει ήδη χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση του φόρτου εργασίας σε διαδραστικά τραπέζια (Shaer et al., 2011; Shaer et al., 2012). Το ερωτηματολόγιο NASA-TLX αποτελείται από έξι ερωτήσεις που αφορούν στο «γνωστικό φόρτο», το «φυσικό φόρτο», το «χρονικό φόρτο», την «επίδοση», την «προσπάθεια» και την «απογοήτευση». Οι ερωτήσεις αυτές απαντήθηκαν από τους μαθητές σε κλίμακα Likert 21 βαθμίδων (ερώτηση 1, 2, 3, 5, 6: 0 = καθόλου – 20 = πάρα πολύ, ερώτηση 4: 0 = πάρα πολύ – 20 = καθόλου) όπως υποδεικνύεται από το σχετικό εγχειρίδιο της NASA. Σημειώνεται ότι για τη διευκόλυνση των μαθητών, η κλίμακα της τέταρτης ερώτησης που αφορά την επίδοση, εμφανίστηκε αντεστραμμένη σε αυτούς, αλλά κανονικά στα αποτελέσματα. Ο «συνολικός φόρτος» υπολογίστηκε ως ο μέσος όρος και των έξι ερωτήσεων του ερωτηματολογίου TLX. Η τελική μορφή του ερωτηματολογίου NASA-TLX παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.2.

Πίνακας 2.2. Ερωτηματολόγιο NASA-TLX

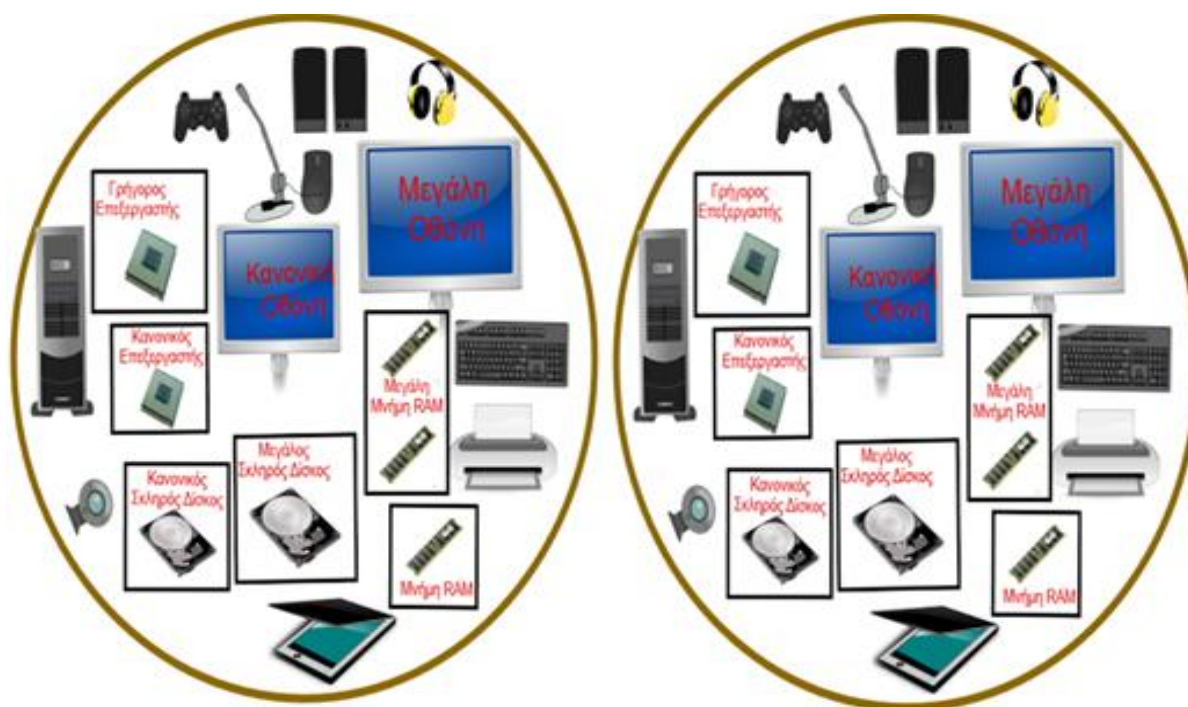
(Ερ. 1, 2, 3, 5, 6: 0 = Καθόλου – 20 = Πάρα πολύ, Ερ. 4: 0 = Πάρα πολύ – 20 = Καθόλου)

1. Πόσο δύσκολη ήταν η δραστηριότητα; («Γνωστικός φόρτος»)
2. Πόσο σωματικά δύσκολη ήταν η δραστηριότητα; («Φυσικός φόρτος»)
3. Πόσο βιαστικός ήταν ο ρυθμός της δραστηριότητας; («Χρονικός φόρτος»)
4. Πόσο πετυχημένα έκανα ό,τι μου ζητήθηκε να κάνω; («Επίδοση»)
5. Πόσο σκληρά έπρεπε να εργαστώ για να πετύχω όσα πέτυχα; («Προσπάθεια»)
6. Πόση ανασφάλεια, άγχος και ενόχληση ένιωσα; («Απογοήτευση»)

Η υποκειμενική ικανοποίηση από τη συνεργασία μετρήθηκε με μία επιπλέον, έβδομη ερώτηση («Πόσο ικανοποιημένος είμαι από τη συνεργασία με την ομάδα μου») που μελετήθηκε ξεχωριστά. Απαντήθηκε και εκείνη σε κλίμακα Likert 21 βαθμίδων (0 = καθόλου - 20 = πάρα πολύ). Στο τέλος των ερωτηματολογίων δόθηκε χώρος για σχολιασμό της δραστηριότητας.

2.3 Διαδικασία

Η δραστηριότητα πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του μαθήματος των ΤΠΕ. Το περιεχόμενό της αφορούσε στη βασική αρχιτεκτονική υπολογιστών με στοιχεία αγωγής του καταναλωτή και η διάρκειά της ήταν μία ώρα. Σκοπός της ήταν η βέλτιστη επιλογή δομικών στοιχείων (συσκευές εισόδου/εξόδου, μνήμη, σκληρός δίσκος, επεξεργαστής) για τη σύνθεση ενός υποθετικού υπολογιστή που θα κάλυπτε συγκεκριμένες ανάγκες χρήσης με το ελάχιστο δυνατό κόστος. Οι μαθητές γνώριζαν τους όρους και τις έννοιες ήδη από προγενέστερη διδασκαλία. Στη συγκεκριμένη δραστηριότητα τους ζητήθηκε να μελετήσουν τις τεχνικές προδιαγραφές τεσσάρων προσωπικών υπολογιστών για τα εξής σενάρια χρήσης: για τηλεδιάσκεψη, για αποθήκευση και προβολή ταινιών, για επεξεργασία κειμένου, για επεξεργασία βίντεο και για χρήση εφαρμογών με εντυπωσιακά γραφικά. Η δραστηριότητα δομήθηκε έτσι ώστε να υπάρχουν αρκετές διαφορετικές οπτικές, παραπάνω από μία σωστές λύσεις και περιθώρια για διαπραγμάτευση μεταξύ των μαθητών. Οι μαθητές έπρεπε να επιλέξουν τα χαρακτηριστικά του υλικού του υπολογιστή που είναι κατάλληλα για κάθε ένα από τα τέσσερα σενάρια (Σχήματα 2.1-2.4). Επισημαίνεται πως η συγκεκριμένη μελέτη εστίασε στην εμπειρία των μαθητών από τη χρήση των τεχνολογιών και όχι στα μαθησιακά αποτελέσματα. Η δραστηριότητα παρουσιάζεται αναλυτικά στα σχήματα 2.1-2.5.



Σχήμα 2.1. Βασική οθόνη επιλογής των τεχνικών χαρακτηριστικών των υπολογιστών



Σχήμα 2.2. Σενάριο για τις τεχνικές προδιαγραφές του πρώτου υπολογιστή



Σχήμα 2.3. Σενάριο για τις τεχνικές προδιαγραφές του δεύτερου υπολογιστή

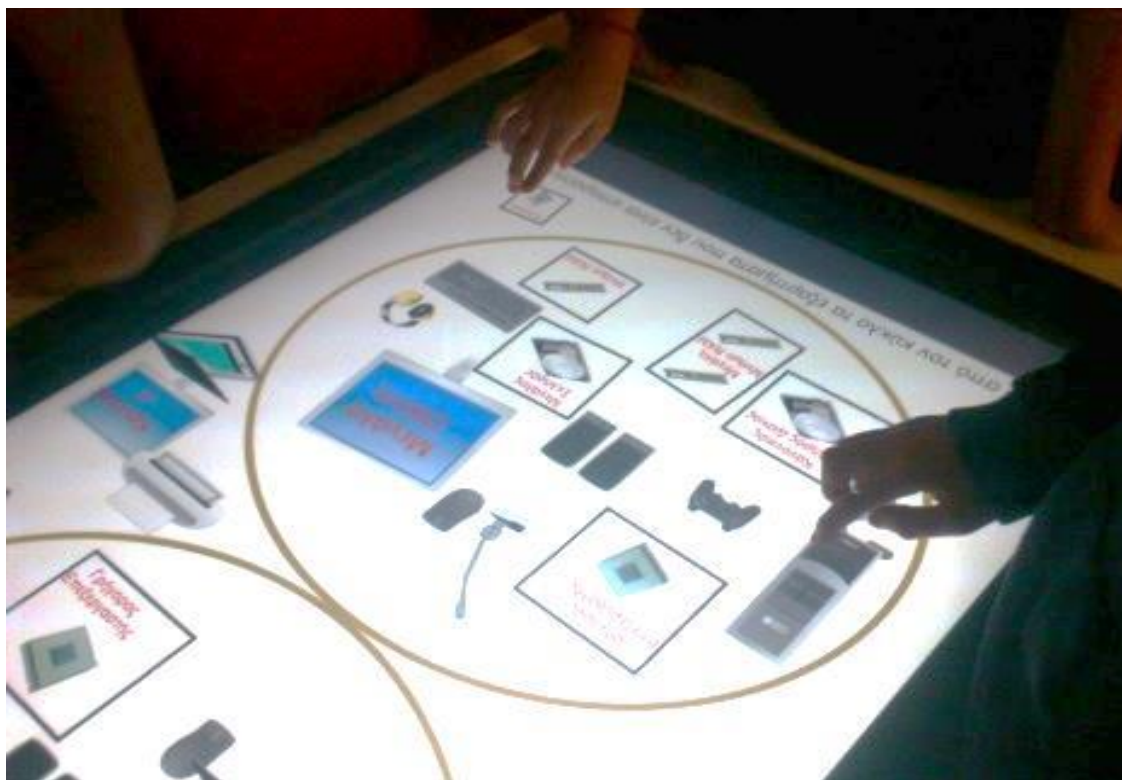


Σχήμα 2.4. Σενάριο για τις τεχνικές προδιαγραφές του τρίτου υπολογιστή



Σχήμα 2.5. Σενάριο για τις τεχνικές προδιαγραφές του τέταρτου υπολογιστή

Κατά τη δημιουργία της δραστηριότητας για τα διαδραστικά τραπέζια και τη μεγάλη διαδραστική οθόνη πολλών χρηστών χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό RMEasiteach® (RMEasiteach, 2014), ενώ για τους υπολογιστές πολλών ποντικών χρησιμοποιήθηκε το Microsoft Office PowerPoint® με τη χρήση του add-on Microsoft Mouse Mischief. Στις διαδραστικές επιφάνειες (τραπέζια και μεγάλη διαδραστική οθόνη) η σύνθεση προέκυπτε βγάζοντας όσα δομικά στοιχεία δεν ήταν απαραίτητα μέσα από έναν κύκλο, χρησιμοποιώντας τις χειρονομίες σύρε/μετακίνησε, μεγέθυνση/σμίκρυνση και τίναγμα. Οι μαθητές μπορούσαν να μετακινούνται όπως οι ίδιοι έκριναν (ο χωρισμός σε υποομάδες ευνοούσε αυτήν την κινητικότητα). Στους υπολογιστές με πολλά ποντίκια η σύνθεση προέκυπτε ζωγραφίζοντας ένα μεγάλο Χ σε όποια στοιχεία δεν ήταν απαραίτητα (μέσω της ιδιότητας drawing του Mouse Mischief). Η επιφάνεια της οθόνης (και στις τρεις τεχνολογίες) περιείχε τον ίδιο κύκλο δύο φορές (η οθόνη ήταν χωρισμένη στα δύο - κάθε μέρος ανήκε σε μία υποομάδα). Στο τέλος, τα μέλη κάθε υποομάδας καλούνταν να δουν τι είχαν κάνει και μετά να συζητήσουν μαζί με όλα τα μέλη της ευρύτερης ομάδας. Στη συνέχεια, αν ήταν αναγκαίο, τα μέλη κάθε υποομάδας έκαναν αλλαγές στο δικό τους τμήμα. Με τον τρόπο αυτό αναπτύχθηκε διάλογος σε μικρό και σε ευρύτερο κύκλο και υπήρχαν δύο επίπεδα διαπραγμάτευσης και συμφωνίας μεταξύ των μαθητών. Στα Σχήματα 2.6, 2.7 και 2.8 παρουσιάζονται στιγμιότυπα από τη χρήση των τριών τεχνολογιών από τους μαθητές που συμμετείχαν στη μελέτη.



Σχήμα 2.6. Δραστηριότητα στο διαδραστικό τραπέζι



Σχήμα 2.7. Δραστηριότητα στη μεγάλη διαδραστική οθόνη



Σχήμα 2.8. Δραστηριότητα στον υπολογιστή με πολλά ποντίκια

Μετά τη δραστηριότητα, όλοι οι μαθητές έπρεπε να συμπληρώσουν τα ερωτηματολόγια CSUQ και TLX.

2.4 Αποτελέσματα

Σε όλες τις μεταβλητές (αφού χωρίστηκαν ανά τεχνολογία και φύλο) διενεργήθηκε έλεγχος κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov και βρέθηκε ότι οι περισσότερες δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν μη παραμετρικά στατιστικά εργαλεία: το Kruskal-Wallis test (K-W) για τη σύγκριση μεταξύ τεχνολογιών και το Mann-Whitney U test (M-W U) για τη σύγκριση μεταξύ φύλων ανά τεχνολογία. Σημειώνεται πως το Kruskal-Wallis test (K-W) χρησιμοποιείται για τη συσχέτιση μίας συνεχούς μεταβλητής με μια κατηγορική, η οποία αποτελείται από δύο ή περισσότερες κατηγορίες, και ενδείκνυται για τη σύγκριση των τριών τεχνολογιών που εξετάζονται στην παρούσα μελέτη.

2.4.1 Υποκειμενική αίσθηση ευχρηστίας

Στον Πίνακα 2.3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τη μεταβλητή «Χρησιμότητα» ανά τεχνολογία και φύλο όπως μετρήθηκε με το CSUQ. Η «Χρησιμότητα» κυμάνθηκε σε υψηλά επίπεδα για όλες τις τεχνολογίες και σύμφωνα με το Kruskal-Wallis test δεν ανιχνεύτηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τεχνολογιών. Επιπλέον, τα Mann-Whitney U tests δεν ανίχνευσαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών για καμία τεχνολογία.

Πίνακας 2.3. Χρησιμότητα ανά τεχνολογία (CSUQ_SYSUSE)

Τεχνολογία	Φύλο	N	Μ.Ο.	Τ.Α.	M-W U test		K-W test								
					Z	P	χ2	Df	P						
Διαδραστικό τραπέζι	Αγόρια	14	1,46	0,78	-0,519	,635	3,487	2	,175						
	Κορίτσια	14	1,84	1,27											
	Σύνολο	28	1,65	1,05											
Διαδραστική οθόνη	Αγόρια	12	1,61	0,60	-0,583	,590				3,487	2	,175			
	Κορίτσια	12	1,85	1,23											
	Σύνολο	24	1,73	0,95											
Πολλαπλά ποντίκια	Αγόρια	12	1,74	0,48	-0,932	,378							3,487	2	,175
	Κορίτσια	12	1,78	1,09											
	Σύνολο	24	1,76	0,83											

Στον Πίνακα 2.4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τη μεταβλητή «Ποιότητα Πληροφορίας» ανά τεχνολογία και φύλο όπως μετρήθηκε με το CSUQ. Η «Ποιότητα Πληροφορίας» κυμάνθηκε σε υψηλά επίπεδα για όλες τις τεχνολογίες και σύμφωνα με το Kruskal-Wallis test δεν ανιχνεύτηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τεχνολογιών. Επιπλέον, τα Mann-Whitney U tests δεν ανίχνευσαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών για καμία τεχνολογία.

Πίνακας 2.4. Ποιότητα πληροφορίας ανά τεχνολογία (CSUQ_INFOQUAL)

Τεχνολογία	Φύλο	N	Μ.Ο.	Τ.Α.	M-W U test		K-W test								
					Z	p	χ ²	Df	P						
Διαδραστικό τραπέζι	Αγόρια	1	1,62	0,55	-1,275	,227	1,626	2	,444						
	Κορίτσια	1	1,33	0,41											
	Σύνολο	2	1,48	0,50											
Διαδραστική οθόνη	Αγόρια	1	1,61	0,69	-0,233	,843				1,626	2	,444			
	Κορίτσια	1	2,04	1,57											
	Σύνολο	2	1,83	1,21											
Πολλαπλά ποντίκια	Αγόρια	1	1,82	0,78	-0,320	,755							1,626	2	,444
	Κορίτσια	1	2,03	1,59											
	Σύνολο	2	1,92	1,23											

Στον Πίνακα 2.5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τη μεταβλητή «Ποιότητα Διεπαφής» ανά τεχνολογία και φύλο όπως μετρήθηκε με το CSUQ. Η «Ποιότητα διεπαφής» κυμάνθηκε σε υψηλά επίπεδα για όλες τις τεχνολογίες, αλλά οι διαφορές μεταξύ των τεχνολογιών ήταν στατιστικά σημαντικές ($p=0,021$). Το διαδραστικό τραπέζι είχε την υψηλότερη ποιότητα διεπαφής (Mean Rank=30,02), με τη μεγάλη διαδραστική οθόνη να ακολουθεί (Mean Rank=41,40) και τελευταίο τον υπολογιστή με πολλά ποντίκια (Mean Rank=45,50). Η ποιότητα διεπαφής περιγράφει την ικανοποίηση από κάθε τεχνολογία, πράγμα που υποδεικνύει ότι το διαδραστικό τραπέζι είναι πιο ευχάριστο για τους μαθητές. Σχετικά με το φύλο, τα Mann-Whitney U tests δεν ανίχνευσαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών για καμία τεχνολογία.

Πίνακας 2.5. Ποιότητα διεπαφής ανά τεχνολογία (CSUQ_INTERQUAL)

Τεχνολογία	Φύλο	N	Μ.Ο.	Τ.Α.	M-W U test		K-W test								
					Z	p	χ^2	Df	P						
Διαδραστικό τραπέζι	Αγόρια	14	1,45	0,89	-0,139	,910	7,711	2	,021*						
	Κορίτσια	14	1,36	0,72											
	Σύνολο	28	1,40	0,80											
Διαδραστική οθόνη	Αγόρια	12	1,72	1,20	0,000	1,000				7,711	2	,021*			
	Κορίτσια	12	1,94	1,42											
	Σύνολο	24	1,83	1,29											
Πολλαπλά ποντίκια	Αγόρια	12	2,33	1,69	-1,147	,266							7,711	2	,021*
	Κορίτσια	12	1,94	1,68											
	Σύνολο	24	2,14	1,66											

* p<0,05

* $p<0,05$

Στον Πίνακα 2.6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τη «Συνολική υποκειμενική αίσθηση ευχρηστίας» ανά τεχνολογία και φύλο όπως μετρήθηκε με το CSUQ. Η «Συνολική υποκειμενική αίσθηση ευχρηστίας» κυμάνθηκε σε υψηλά επίπεδα για όλες τις τεχνολογίες και σύμφωνα με το Kruskal-Wallis test δεν ανιχνεύτηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των

τεχνολογιών. Επιπλέον, τα Mann-Whitney U tests δεν ανίχνευσαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών για καμία τεχνολογία.

Πίνακας 2.6. Συνολική υποκειμενική αίσθηση ευχρηστίας (CSUQ_OVERALL)

Τεχνολογία	Φύλο	N	Μ.Ο.	Τ.Α.	M-W U test		K-W test								
					Z	p	χ ²	Df	P						
Διαδραστικό τραπέζι	Αγόρια	14	1,51	0,56	-0,277	,804	3,221	2	,200						
	Κορίτσια	14	1,57	0,81											
	Σύνολο	28	1,54	0,68											
Διαδραστική οθόνη	Αγόρια	12	1,64	0,58	-0,145	,887				3,221	2	,200			
	Κορίτσια	12	1,93	1,34											
	Σύνολο	24	1,79	1,02											
Πολλαπλά ποντίκια	Αγόρια	12	1,93	0,60	-1,214	,242							3,221	2	,200
	Κορίτσια	12	1,90	1,37											
	Σύνολο	24	1,92	1,03											

2.4.2 Φόρτος εργασίας

Στον Πίνακα 2.7 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μεταβλητής «Γνωστικός φόρτος» ανά τεχνολογία και φύλο όπως μετρήθηκε με το TLX. Ο «Γνωστικός φόρτος» κυμάνθηκε σε χαμηλά επίπεδα για όλες τις τεχνολογίες, αλλά οι διαφορές μεταξύ των τεχνολογιών ήταν οριακά σημαντικές στατιστικά ($p=0,063$).

Πίνακας 2.7. Γνωστικός φόρτος

Τεχνολογία	Φύλο	N	Μ.Ο.	Τ.Α.	M-W U test		K-W test								
					Z	p	χ ²	df	P						
Διαδραστικό τραπέζι	Αγόρια	14	0,71	1,54	-0,778	,541	5,527	2	,063						
	Κορίτσια	14	1,86	4,33											
	Σύνολο	28	1,29	3,24											
Διαδραστική οθόνη	Αγόρια	12	0,00	0,00	-1,808	,319				5,527	2	,063			
	Κορίτσια	12	0,58	1,24											
	Σύνολο	24	0,29	0,91											
Πολλαπλά ποντίκια	Αγόρια	12	1,08	2,84	-1,223	,291							5,527	2	,063
	Κορίτσια	12	2,83	5,80											
	Σύνολο	24	1,96	4,55											

Η μεγάλη διαδραστική οθόνη είχε τον χαμηλότερο «Γνωστικό φόρτο» (Mean Rank=32,25), με το διαδραστικό τραπέζι να ακολουθεί (Mean Rank=38,98) και τελευταίο τον υπολογιστή με πολλά ποντίκια (Mean Rank=44,19). Ίσως οι πολλαπλοί δείκτες και η μικρή οθόνη να δυσκολεύουν τους μαθητές, ενώ αντίθετα το μεγάλο μέγεθος της διαδραστικής οθόνης να τους διευκολύνει. Σχετικά με το φύλο, τα Mann-Whitney U tests δεν ανίχνευσαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών για καμία τεχνολογία.

Στον Πίνακα 2.8 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μεταβλητής «Φυσικός φόρτος» ανά τεχνολογία και φύλο όπως μετρήθηκε με το TLX.

Πίνακας 2.8. Φυσικός φόρτος

Τεχνολογία	Φύλο	N	Μ.Ο.	Τ.Α.	M-W U test		(K-W) test								
					Z	p	χ ²	df	P						
Διαδραστικό τραπέζι	Αγόρια	14	0,79	2,67	-0,642	,734	5,271	2	,072						
	Κορίτσια	14	0,07	0,27											
	Σύνολο	28	0,43	1,89											
Διαδραστική οθόνη	Αγόρια	12	1,83	5,73	-1,235	,291				5,271	2	,072			
	Κορίτσια	12	2,58	5,74											
	Σύνολο	24	2,21	5,63											
Πολλαπλά ποντίκια	Αγόρια	12	1,67	4,27	-0,324	,799							5,271	2	,072
	Κορίτσια	12	1,92	4,96											
	Σύνολο	24	1,79	4,53											

Ο «Φυσικός φόρτος» κυμάνθηκε σε χαμηλά επίπεδα για όλες τις τεχνολογίες, αλλά οι διαφορές μεταξύ των τεχνολογιών ήταν οριακά στατιστικά σημαντικές σύμφωνα με το Kruskal-Wallis test ($p=0,072$). Το διαδραστικό τραπέζι είχε τον χαμηλότερο «Φυσικό φόρτο» (Mean Rank=32,89), με τον υπολογιστή με πολλά ποντίκια να ακολουθεί (Mean Rank=40,42) και τελευταία τη διαδραστική οθόνη (Mean Rank=43,13). Το αποτέλεσμα αυτό είναι κατανοητό λόγω του μεγάλου μεγέθους της διαδραστικής οθόνης, το οποίο κάνει αναγκαίες τις μετακινήσεις των μαθητών. Σχετικά με το φύλο, τα Mann-Whitney U tests δεν ανίχνευσαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών για καμία τεχνολογία.

Στον Πίνακα 2.9 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μεταβλητής «Χρονικός φόρτος» ανά τεχνολογία και φύλο όπως μετρήθηκε με το εργαλείο TLX.

Πίνακας 2.9. Χρονικός φόρτος

Τεχνολογία	Φύλο	N	Μ.Ο.	Τ.Α.	M-W U test		K-W test								
					Z	P	χ ²	df	P						
Διαδραστικό τραπέζι	Αγόρια	14	9,07	8,43	-,571	,603	,946	2	,623						
	Κορίτσια	14	6,93	8,37											
	Σύνολο	28	8,00	8,31											
Διαδραστική οθόνη	Αγόρια	12	6,08	8,31	-0,208	,843				,946	2	,623			
	Κορίτσια	12	4,00	6,72											
	Σύνολο	24	5,04	7,46											
Πολλαπλά ποντίκια	Αγόρια	12	8,08	9,01	-0,059	,977							,946	2	,623
	Κορίτσια	12	8,33	9,46											
	Σύνολο	24	8,21	9,04											

Ο «Χρονικός Φόρτος» κυμάνθηκε σε μέτρια επίπεδα για όλες τις τεχνολογίες και σύμφωνα με το Kruskal-Wallis test δεν ανιχνεύτηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των

τεχνολογιών. Τα μέτρια επίπεδα του «Χρονικού φόρτου» ίσως οφείλονται στο γεγονός ότι η έρευνα διενεργήθηκε κατά τη διάρκεια του μαθήματος, οπότε έπρεπε να ολοκληρωθεί σε σχετικά περιορισμένο χρόνο. Σχετικά με το φύλο, τα Mann-Whitney U tests δεν ανίχνευσαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών για καμία τεχνολογία.

Στον Πίνακα 2.10 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μεταβλητής «Επίδοση» ανά τεχνολογία και φύλο όπως μετρήθηκε με το TLX.

Πίνακας 2.10. Επίδοση

Τεχνολογία	Φύλο	N	Μ.Ο.	Τ.Α.	M-W U test		K-W test								
					Z	P	χ ²	d	p						
Διαδραστικό τραπέζι	Αγόρια	14	2,14	3,44	-1,208	,376	3,383	2	,184						
	Κορίτσια	14	1,64	5,11											
	Σύνολο	28	1,89	4,28											
Διαδραστική οθόνη	Αγόρια	12	4,92	8,70	-0,841	,478				3,383	2	,184			
	Κορίτσια	12	6,75	8,81											
	Σύνολο	24	5,83	8,62											
Πολλαπλά ποντίκια	Αγόρια	12	6,08	9,07	-0,388	,755							3,383	2	,184
	Κορίτσια	12	5,33	7,89											
	Σύνολο	24	5,71	8,32											

Η «Επίδοση» κυμάνθηκε σε σχετικά υψηλά επίπεδα για όλες τις τεχνολογίες και σύμφωνα με το Kruskal-Wallis test δεν ανιχνεύτηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τεχνολογιών. Σχετικά με το φύλο, τα Mann-Whitney U tests δεν ανίχνευσαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών για καμία τεχνολογία.

Στον Πίνακα 2.11 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μεταβλητής «Προσπάθεια» ανά τεχνολογία και φύλο όπως μετρήθηκε με το TLX.

Πίνακας 2.11. Προσπάθεια

	Φύλο	N	Μ.Ο.	Τ.Α.	M-W U test		K-W test								
					Z	P	χ ²	df	P						
Διαδραστικό τραπέζι	Αγόρια	14	4,07	6,56	-0,909	,401	1,531	2	,465						
	Κορίτσια	14	6,29	7,64											
	Σύνολο	28	5,18	7,08											
Διαδραστική οθόνη	Αγόρια	12	2,83	5,64	-0,628	,551				1,531	2	,465			
	Κορίτσια	12	2,83	3,54											
	Σύνολο	24	2,83	4,60											
Πολλαπλά ποντίκια	Αγόρια	12	3,50	6,08	-2,114	,039*							1,531	2	,465
	Κορίτσια	12	9,25	7,52											
	Σύνολο	24	6,38	7,31											
* p<0,05															

* $p < 0,05$

Η «Προσπάθεια» κυμάνθηκε σε σχετικά χαμηλά επίπεδα για όλες τις τεχνολογίες και σύμφωνα με το Kruskal-Wallis test δεν ανιχνεύτηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τεχνολογιών. Σχετικά με το φύλο, βρέθηκε ότι τα κορίτσια κατέβαλαν μεγαλύτερη προσπάθεια από τα αγόρια στην περίπτωση του υπολογιστή με πολλά ποντίκια σύμφωνα με το αντίστοιχο Mann-Whitney U test ($p=0,039$).

Στον Πίνακα 2.12 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μεταβλητής «Απογοήτευση» ανά τεχνολογία και φύλο όπως μετρήθηκε με το TLX.

Πίνακας 2.12. Απογοήτευση

Τεχνολογία	Φύλο	N	Μ.Ο.	Τ.Α.	M-W U test		K-W test								
					Z	P	χ ²	df	p						
Διαδραστικό τραπέζι	Αγόρια	14	1,79	5,32	-,332	,804	1,198	2	,549						
	Κορίτσια	14	2,29	5,74											
	Σύνολο	28	2,04	5,44											
Διαδραστική οθόνη	Αγόρια	12	1,58	4,58	-,861	,478				1,198	2	,549			
	Κορίτσια	12	2,33	5,68											
	Σύνολο	24	1,96	5,06											
Πολλαπλά ποντίκια	Αγόρια	12	5,17	8,95	-,433	,713							1,198	2	,549
	Κορίτσια	12	3,67	7,46											
	Σύνολο	24	4,42	8,10											

Η «Απογοήτευση» κυμάνθηκε σε χαμηλά επίπεδα για όλες τις τεχνολογίες και σύμφωνα με το Kruskal-Wallis test δεν ανιχνεύτηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τεχνολογιών. Σχετικά με το φύλο, τα Mann-Whitney U tests δεν ανίχνευσαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών για καμία τεχνολογία.

Στον Πίνακα 2.13 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μεταβλητής «Συνολικός φόρτος» ανά τεχνολογία και φύλο όπως μετρήθηκε με το TLX.

Πίνακας 2.13. Συνολικός φόρτος

Τεχνολογία	Φύλο	N	Μ.Ο.	Τ.Α.	M-W U test		K-W test								
					Z	P	χ ²	df	p						
Διαδραστικό τραπέζι	Αγόρια	14	3,10	3,53	-,186	,874	3,209	2	,201						
	Κορίτσια	14	3,18	3,40											
	Σύνολο	28	3,14	3,40											
Διαδραστική οθόνη	Αγόρια	12	2,88	2,19	-,347	,755				3,209	2	,201			
	Κορίτσια	12	3,18	2,43											
	Σύνολο	24	3,03	2,27											
Πολλαπλά ποντίκια	Αγόρια	12	4,26	4,36	-,695	,514							3,209	2	,201
	Κορίτσια	12	5,22	4,38											
	Σύνολο	24	4,74	4,30											

Ο «Συνολικός φόρτος» κυμάνθηκε σε χαμηλά επίπεδα για όλες τις τεχνολογίες και σύμφωνα με το Kruskal-Wallis test δεν ανιχνεύτηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τεχνολογιών. Σχετικά με το φύλο, τα Mann-Whitney U tests δεν ανίχνευσαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών για καμία τεχνολογία.

2.4.3 Συνεργασία

Στον Πίνακα 2.14 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σχετικά με την υποκειμενική αίσθηση συνεργασίας.

Πίνακας 2.14. Υποκειμενική αίσθηση συνεργασίας

Τεχνολογία	Φύλο	N	Μ.Ο.	Τ.Α.	M-W U test		K-W test								
					Z	P	χ ²	df	P						
Διαδραστικό τραπέζι	Αγόρια	14	17,43	5,77	-,805	,511	7,611	2	,022*						
	Κορίτσια	14	15,93	6,53											
	Σύνολο	28	16,68	6,10											
Διαδραστική οθόνη	Αγόρια	12	12,58	8,76	-,528	,630				7,611	2	,022*			
	Κορίτσια	12	10,42	8,76											
	Σύνολο	24	11,50	8,64											
Πολλαπλά ποντίκια	Αγόρια	12	15,42	8,38	-,551	,671							7,611	2	,022*
	Κορίτσια	12	14,58	8,17											
	Σύνολο	24	15,00	8,11											
* p<0,05															

Η υποκειμενική αίσθηση συνεργασίας κυμάνθηκε σε σχετικά υψηλά επίπεδα για όλες τις τεχνολογίες, αλλά οι διαφορές μεταξύ των τεχνολογιών ήταν στατιστικά σημαντικές σύμφωνα με το Kruskal-Wallis test ($p=0,022$). Το διαδραστικό τραπέζι είχε την υψηλότερη υποκειμενική αίσθηση συνεργασίας (Mean Rank=43,46), με τον υπολογιστή με τα πολλά ποντίκια να ακολουθεί (Mean Rank=42,10) και τελευταία τη διαδραστική οθόνη (Mean Rank=29,10). Ενδεχομένως η μεγάλη διαδραστική οθόνη δεν ευνοεί συγκριτικά τόσο τη συνεργασία λόγω της ανάγκης μετακίνησης των συμμετεχόντων (εξαιτίας του μεγάλου μεγέθους της) και της έλλειψης διαρκούς οπτικής επαφής μεταξύ τους. Σχετικά με το φύλο, τα Mann-Whitney U tests δεν ανίχνευσαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών για καμία τεχνολογία.

2.5 Συζήτηση και συμπεράσματα από τη μελέτη ευχρηστίας

Η αξία της παρούσας μελέτης εντοπίζεται στη σύγκριση τριών συστημάτων πολλών χρηστών, των διαδραστικών τραπεζιών πολλών χρηστών, των μεγάλων διαδραστικών οθονών πολλών χρηστών και των υπολογιστών με πολλά ποντίκια, εντός σχολικού περιβάλλοντος της Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Το διαδραστικό τραπέζι πολλών χρηστών φαίνεται να είναι συγκριτικά, η περισσότερο υποσχόμενη τεχνολογία για την υποστήριξη συνεργατικών δραστηριοτήτων στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι προσφέρει τη μεγαλύτερη ικανοποίηση στους μαθητές, τόσο από τη χρήση του, όσο και από τη συνεργασία μεταξύ των μαθητών. Επίσης υπάρχουν ενδείξεις ότι προκαλεί τον λιγότερο αντιληπτό φυσικό φόρτο. Φαίνεται να είναι κατάλληλο για συνεργατικές δραστηριότητες που απαιτούν διαπραγμάτευση και συζήτηση αφού διευκολύνει την οπτική επαφή, το άγγιγμα μεταξύ των μαθητών (κάτι που παρατηρήθηκε έντονα) και τη γενικότερη μη λεκτική επικοινωνία. Η συσχέτιση των μαθησιακών αποτελεσμάτων με την ποσότητα και την ποιότητα της λεκτικής και μη λεκτικής επικοινωνίας κατά τη συνεργασία, είναι ένα ανοιχτό ερευνητικό θέμα στο οποίο δίνεται βάρος στα επόμενα κεφάλαια που εστιάζουν αποκλειστικά στη συγκεκριμένη τεχνολογία.

Οι χρήστες της μεγάλης διαδραστικής οθόνης βρήκαν οριακά πιο εύκολη την ίδια δραστηριότητα, ενδεχομένως γιατί τους ευνόησε το μεγάλο μέγεθός της. Από την παρατήρηση των μαθητών κατά τη διεξαγωγή της δραστηριότητας προέκυψε πως κατά τη χρήση της μεγάλης διαδραστικής οθόνης δεν υπήρχε ισόνομη κατανομή του κοινού έργου σε όλους τους μαθητές. Αρκετοί μαθητές συμμετείχαν αισθητά λιγότερο από τους άλλους (ίσως λόγω της θέσης τους που τους εμπόδιζε). Το θέμα της προσβασιμότητας στη μεγάλη διαδραστική οθόνη σχολιάστηκε από τους μαθητές γραπτά: «κάποιες φορές ήμασταν στριμωγμένοι», «ήμουν όρθιος», «ήθελα να καθόμουν» ήταν κάποια από τα σχόλια. Οι μαθητές ήταν όρθιοι ο ένας πλάι στον άλλο και η μετακίνησή τους δεν ήταν εύκολη, σε αντίθεση με τους χρήστες των διαδραστικών τραπεζιών, οι οποίοι αν και επίσης όρθιοι, δεν κατέγραψαν καθόλου το ίδιο ζήτημα ως πρόβλημα. Πάντως, ένα θετικό στοιχείο των μεγάλων διαδραστικών οθονών, είναι ότι επιτρέπουν την παρακολούθηση της συνεργατικής δραστηριότητας από την υπόλοιπη τάξη λόγω της κατακόρυφης διάταξής και του μεγάλου μεγέθους τους, χαρακτηριστικό που πιθανά να είναι χρήσιμο σε δραστηριότητες που γίνονται ταυτόχρονα στην ολομέλεια μίας τάξης ή σε περιπτώσεις που συνδυάζεται η συγκεκριμένη τεχνολογία με άλλες. Οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες στις κατακόρυφες διαδραστικές οθόνες πολλών χρηστών μπορούν να έχουν «θεατές» που να παρακολουθούν, να σχολιάζουν, να ελέγχουν και να συμμετέχουν με

διαφορετικό, πιο έμμεσο τρόπο, στο υπό εξέλιξη έργο. Επιπλέον, η κοινή οπτική γωνία των χρηστών απέναντι στη μεγάλη διαδραστική οθόνη πολλών χρηστών και το μέγεθός της μπορούν να αποβούν προς όφελος της μάθησης. Τα συμπεράσματα αυτά είναι αντίστοιχα με παλαιότερη σχετική μελέτη που διερεύννησε συγκριτικά τις κατακόρυφες και τις οριζόντιες διαδραστικές επιφάνειες στο πεδίο της συνεργατικής χρήσης τους (Rogers & Lindley, 2004).

Ο υπολογιστής με τα πολλά ποντίκια δε φαίνεται να πλεονεκτεί σε κανέναν από τους άξονες σύγκρισης. Ένα ζήτημα που προέκυψε ήταν πως η οθόνη φάνηκε μικρή στους μαθητές για ταυτόχρονη χρήση (σχόλιο μαθητή: «ήμουν μακριά και δεν έβλεπα καλά συνέχεια») αν και χρησιμοποιήθηκαν φορητοί υπολογιστές με μεγάλες οθόνες 19". Οι δείκτες των ποντικιών ξεχώριζαν μεταξύ τους (έχοντας διαφορετικό σχήμα), ωστόσο η ίδια η τεχνολογία ενός προσωπικού υπολογιστή θέτει περιορισμούς. Είναι ενδεικτικό πως κανείς μαθητής δεν έγραψε κάποιο σχόλιο για την ομάδα του, παρά μόνο σχόλια σχετικά με τη δική του εμπειρία. Οι μαθητές ήταν προσηλωμένοι απόλυτα στις οθόνες των υπολογιστών γιατί έπρεπε να «ζωγραφίσουν» σωστά κάθε Χ, διαγράφοντας έτσι τα χαρακτηριστικά που δεν τους ήταν απαραίτητα σε κάθε σενάριο της δραστηριότητας. Η μη λεκτική επαφή των μαθητών αυτών παρατηρήθηκε να είναι από μικρή έως μηδενική. Αν οι μαθητές έπαιρναν τα μάτια τους από την οθόνη χρειάζονταν λίγο χρόνο για να «ξεναβρούν» τη θέση του δείκτη τους, παρατήρηση που επιβεβαιώνει παλαιότερη έρευνα (Hornecker et al., 2008). Τα κορίτσια φαίνεται να κατέβαλαν μεγαλύτερη προσπάθεια έναντι των αγοριών κατά την υλοποίηση της δραστηριότητας στους υπολογιστές με πολλά ποντίκια. Πιθανότατα το γεγονός αυτό να σχετίζεται με την παρατήρηση πως τα κορίτσια φαίνεται να έπαιζαν έναν πιο συντονιστικό ρόλο κατά τη διεξαγωγή των δραστηριοτήτων. Στις υπόλοιπες τεχνολογίες το φύλο των χρηστών δεν έδειξε να παίζει κάποιο ρόλο.

Ένα, ακόμα, βασικό συμπέρασμα που προκύπτει από την παρούσα μελέτη είναι πως οι δύο διαδραστικές τεχνολογίες που υστέρησαν (η μεγάλη κατακόρυφη οθόνη πολλών χρηστών και οι υπολογιστές με πολλά ποντίκια) εξυπηρέτησαν αισθητά λιγότερο μία βασική προϋπόθεση για την ύπαρξη συνεργατικής μάθησης, δηλαδή την προωθητική αλληλεπίδραση πρόσωπο με πρόσωπο. Τα τεχνολογικά τους χαρακτηριστικά σχετίζονταν αντίστοιχα με τη χρήση σε όρθια στάση μπροστά σε μία μεγάλη οθόνη, ή την αναγκαστική προσήλωση σε μία κάθετη οθόνη υπολογιστή και στον ατομικό δείκτη του ποντικιού και αποτέλεσαν μειονέκτημα σε σχέση με την οριζόντια διάταξη των διαδραστικών τραπεζιών πολλών χρηστών η οποία επέτρεπε την άνετη και ανεμπόδιστη πρόσωπο με πρόσωπο επαφή μεταξύ των χρηστών.

Στη μελέτη αξιοποιήθηκε η δυνατότητα της τριπλής σύγκρισης συνεργατικών τεχνολογιών εντός του ίδιου φυσικού χώρου με τον οποίο οι μαθητές ήταν εξοικειωμένοι. Ο χώρος βρίσκεται εντός του σχολικού τους περιβάλλοντος και η διαμόρφωσή του προέκυψε από τους εκπαιδευτικούς που εργάζονται στον χώρο αυτόν.

3. Επιτραπέζιες διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών στην εκπαίδευση: βιβλιογραφική επισκόπηση

3.1 Εισαγωγή

Με βάση τα συμπεράσματα που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 2, δίνεται έμφαση στην εκτεταμένη μελέτη της πλέον υποσχόμενης τεχνολογίας πολλών χρηστών από αυτές που δοκιμάστηκαν, δηλαδή στη μελέτη του διαδραστικού τραπεζιού πολλών χρηστών.

Μία επιτραπέζια διαδραστική επιφάνεια πολλών χρηστών είναι μία οριζόντια ψηφιακή επιφάνεια (οθόνη) που συνήθως είναι τόσο μεγάλη ώστε να επιτρέπει σε πολλούς χρήστες να αλληλεπιδρούν με αυτήν ταυτόχρονα. Η είσοδος των δεδομένων πραγματοποιείται μέσω της κίνησης των δακτύλων των χρηστών πάνω στην ψηφιακή επιφάνεια. Η έξοδος του συστήματος εμφανίζεται στην ίδια οθόνη από την οποία λαμβάνεται η είσοδος.

Η συσκευή αυτή αναδεικνύει μία τάση των εκπαιδευτικών τεχνολογιών να προσφέρουν δυνατότητες συνεργασίας σε ένα ενιαίο φυσικό πεδίο που απαιτεί ταυτόχρονη παρουσία των χρηστών (φυσική διεπαφή με ψηφιακά αντικείμενα αλλά και τους υπόλοιπους χρήστες, μεταφορά της πρόθεσης του χρήστη μέσω κάποιας χειρονομίας, μέσω λεκτικής επικοινωνίας και μέσω της στάσης του σώματος). Η ανάγκη μελέτης της συγκεκριμένης τεχνολογίας προκύπτει από αυτό το γεγονός, ότι δηλαδή οι περισσότερες εκπαιδευτικές ψηφιακές τεχνολογίες είναι σχεδιασμένες είτε για ατομική χρήση, είτε για προβολή, είτε για συνεργασία εξ αποστάσεως (Dillenbourg & Evans, 2011).

Η επισκόπηση οριοθετείται από την προσπάθεια σκιαγράφησης της συνεργατικής χρήσης των τεχνολογιών αυτών στην εκπαίδευση. Η αποτύπωση των πορισμάτων της σύγχρονης επιστημονικής βιβλιογραφίας επικεντρώνεται κυρίως σε ζητήματα που σχετίζονται με τη συνεργασία εντός ομάδων και ειδικά στη συνεργατική μάθηση, στο είδος της επικοινωνίας, στις εκπαιδευτικές χρήσεις, στα μαθησιακά αποτελέσματα και σε ζητήματα διδασκαλίας και διεξαγωγής εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων.

Οι κινήσεις/χειρονομίες (gestures) που επιτρέπουν τη διεπαφή του χρήστη με την επιφάνεια σχετίζονται άμεσα με τη διδασκαλία, την εκπαίδευση, τη συνεργασία και τη μάθηση. Οι βασικές χειρονομίες που χρησιμοποιούνται αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 2. Η αξιοποίηση των

χειρονομιών αυτών σε ένα εκπαιδευτικό πλαίσιο παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον (Higgins et al., 2012).

Για να γίνει αντιληπτή η μορφή και το περιεχόμενο της συνεργασίας γύρω από μια διαδραστική επιφάνεια πολλών χρηστών, είναι δυνατόν να βοηθήσουν σημαντικά κάποια πορίσματα της Ψυχολογίας (Rick, Harris, et al., 2009; Yuill & Rogers, 2012). Ειδικά, σχετικά με την επικοινωνία (λεκτική και μη λεκτική) και την ορθή κωδικοποίησή της, έχουν αναδειχθεί μηχανισμοί που είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη ώστε να επηρεαστεί θετικά η εξέλιξή τους (Battocchi et al., 2009; Fleck et al., 2009; Higgins et al., 2012; Jamil et al., 2011; Mercier & Higgins, 2013; Valdes et al., 2012). Επιπλέον, η σύγχρονη έρευνα σχετικά με το είδος της συνεργασίας εστιάζει στις στρατηγικές που χρησιμοποιούνται συνήθως από τους χρήστες των διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών (Harris et al., 2009; Higgins et al., 2011; Shaer et al., 2012). Ο ρόλος κοινωνικών παραγόντων όπως το φύλο των χρηστών έχει μελετηθεί ως ένα βαθμό (Richert, Halabi, Eaglin, Edwards, & Bardzell, 2011), όπως επίσης, έχει μελετηθεί και η ανάπτυξη κοινωνικών δεξιοτήτων όπως η διαπραγμάτευση και η λήψη κοινών αποφάσεων (Goh et al., 2012; Stock et al., 2008; Zancanaro, Stock, Eisikovits, Koren, & Weiss, 2012). Τέλος, ένα ακόμα ζήτημα που έχει τεθεί είναι ο ρόλος του εκπαιδευτικού κατά τη διάδραση μιας ομάδας με τη συγκεκριμένη τεχνολογία και η κωδικοποίηση ενός πλαισίου σχεδίασης εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων σε ένα διαδραστικό τραπέζι πολλών χρηστών (Dillenbourg & Evans, 2011; Kharrufa, Leat, & Olivier, 2010; Yuill & Rogers, 2012).

Σχετικά με τη μάθηση και τη συσχέτιση του μαθησιακού αποτελέσματος με τη συνεργασία, έχουν αρχίσει να προκύπτουν τα πρώτα θετικά πορίσματα από τα οποία συνεπάγεται πως η συνεργασία γύρω από μια διαδραστική επιφάνεια πολλών χρηστών μπορεί υπό όρους να οδηγήσει σε καλύτερη μάθηση (Higgins et al., 2012; Mercier & Higgins, 2013; Piper & Hollan, 2009; Schneider, Strait, et al., 2012). Επιπρόσθετα, ως τεχνολογία ενταγμένη σε έναν φυσικό χώρο μάθησης, ο συνδυασμός της χρήσης της με άλλες σύγχρονες εκπαιδευτικές τεχνολογίες έχει απασχολήσει ως ένα βαθμό τη σύγχρονη έρευνα με σχετικά πρώιμα αποτελέσματα (Coughlan et al., 2012). Η συσχέτιση της έρευνας για τις διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών και των γενικών θεωριών μάθησης απαιτεί, ωστόσο, περισσότερα εμπειρικά δεδομένα από όσα έχουν ως τώρα καταγραφεί (Antle et al., 2011; Dillenbourg & Evans, 2011; Harris et al., 2009; Morgan & Butler, 2009).

3.2 Στόχοι

Η επισκόπηση εστιάζει στη χρήση επιφανειών που μπορούν να υποστηρίξουν την ταυτόχρονη χρήση/διεπαφή 2-6 ατόμων. Κατά συνέπεια, το φυσικό μέγεθος των επιφανειών που αναφέρονται είναι της τάξης του ενός συνηθισμένου τραπεζιού (40" και άνω). Επιπλέον, εστιάζει στη χρήση διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών χωρίς να παρεμβάλλεται κανένα από αντικείμενο (tangible object) μεταξύ του συστήματος και του χρήστη (ειδικά γάντια, ποντίκι, ψηφιακή πένα, κλπ). Η επαφή του χρήστη με το υλικό πραγματοποιείται άμεσα με το χέρι. Παράλληλα, η επισκόπηση εστιάζει στη χρήση οριζόντιων επιφανειών και όχι σε μεγάλες κατακόρυφες διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών. Όπως φάνηκε και στο Κεφάλαιο 2, οι κατακόρυφες επιφάνειες ενέχουν το στοιχείο της προβολής ενός έργου σε τρίτους και, επιπλέον, λόγω της όρθιας στάσης του χρήστη μπροστά και όχι γύρω από την επιφάνεια, ορίζονται διαφορετικοί κανόνες στη συνεργασία. Εφεξής, λοιπόν, στο παρόν κείμενο κάνοντας χρήση του όρου διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών ή διαδραστικό τραπέζι εννοείται η ψηφιακή επιφάνεια οριζόντιας διάταξης, μεγέθους περίπου ίσου με ένα συνηθισμένο τραπέζι, η οποία επιτρέπει την άμεση διεπαφή με πάνω από έναν χρήστη μέσω του χεριού του.

Οι ερευνητικοί άξονες της παρούσας επισκόπησης είναι η διερεύνηση:

- των ιδιαίτερων τεχνολογικών χαρακτηριστικών των διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών
- της συσχέτισης των χαρακτηριστικών αυτών με την εκπαιδευτική χρήση και ειδικά με τη συνεργατική μάθηση
- του εκπαιδευτικού πλαισίου και των μαθησιακών αποτελεσμάτων
- της συσχέτισης της χρήσης των διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών με σύγχρονες θεωρίες μάθησης.

Η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε ανακτήθηκε μέσω επιστημονικών βάσεων δεδομένων και αφορά στα τελευταία οκτώ χρόνια (2009-2017). Χρησιμοποιήθηκαν οι βάσεις ScienceDirect, MetaPress, Google Scholar, SpringerLink, Wiley Interscience, Elsevier, ACM και Eric. Οι βασικές λέξεις-κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι εξής: Tabletop groupware, interaction techniques, multi-touch tabletops, digital tabletops, multi-touch surfaces, interactive surfaces, multi-touch, interaction surfaces, multi-user interfaces, tabletop interaction, multi-touch display, tabletop, multi-touch interaction, shareable interfaces, multi-touch tables, shared-display groupware, group interfaces, tabletop computing, interactive tabletops, multi-touch,

surface computing, tabletop computing, co-located collaboration, multi-touch gestures. Αρχικά, ανακτήθηκαν 34 άρθρα περιοδικών, 169 ανακοινώσεις σε συνέδρια και ένα κεφάλαιο βιβλίου άμεσα σχετικό με το θέμα (συνολικά 204 μελέτες). Κατά τη συγγραφή της επισκόπησης χρησιμοποιήθηκαν, επίσης, βιβλιογραφικές αναφορές των παραπάνω άρθρων, ανακοινώσεων και κεφαλαίων επιστημονικών συγγραμμάτων σχετικών με την εκπαίδευση. Αρκετά άρθρα προήλθαν από επιστημονικά περιοδικά σχετικά με τους τομείς της Αλληλεπίδρασης Ανθρώπου-Υπολογιστή (Human-Computer Interaction) και των Γραφικών και χρησιμοποιήθηκαν κυρίως στη διερεύνηση των τεχνολογικών χαρακτηριστικών της συγκεκριμένης τεχνολογίας.

3.3 Αποτελέσματα και συζήτηση

Συνολικά, 127 συστήματα υλικού ή/και λογισμικού χρησιμοποιήθηκαν στις μελέτες από τις οποίες προέκυψε η επισκόπηση. Κάποια από τα συστήματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν σε παραπάνω από μία μελέτες.

3.3.1 Τεχνολογικά χαρακτηριστικά

Σχετικά με τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά των διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών, ανακτήθηκαν εννέα μελέτες που αναφέρονται στη σύγκριση των τεχνολογιών αυτών με τις επιφάνειες απλής αφής (ενός χρήστη), εννέα μελέτες που αναφέρονται στις κινήσεις (gestures) που μπορεί να πραγματοποιήσει ένας χρήστης στις επιφάνειες αυτές και δέκα μελέτες που αναφέρονται στη σύγκριση ανάμεσα στην αλληλεπίδραση σε διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών και σε μη-ψηφιακούς χώρους εργασίας.

Μια σημαντική διαφορά μεταξύ των διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών και των προσωπικών υπολογιστών που καταγράφεται είναι ότι όλοι οι χρήστες έχουν διαφορετική οπτική γύρω από την ίδια οθόνη (Dillenbourg & Evans, 2011). Ακόμα, είναι πολύ δύσκολη (αν και δυνατή) η ταυτοποίηση της δουλειάς κάθε χρήστη ξεχωριστά (Martinez, Collins, Kay, & Yacef, 2011; Zhang et al., 2012).

Πιο συγκεκριμένα, στον τομέα της συνεργατικής ανάκτησης πληροφοριών με τη χρήση διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών οι βασικότερες απαιτήσεις ενός συστήματος είναι (Wesson, Vogts, & Sams, 2012):

- η παροχή πρόσβασης σε έναν ενιαίο χώρο πληροφοριών για όλους τους χρήστες
- η δυνατότητα αναζήτησης με συνεργατικά μέσα σε έναν χώρο πληροφοριών, η δυνατότητα επερώτησης και το φιλτράρισμα πληροφοριών
- η παρουσίαση ή απεικόνιση των αποτελεσμάτων αναζήτησης
- οι κοινόχρηστες πληροφορίες
- η συνεργατική πλοήγηση για την ανάκτηση πληροφοριών
- το άνοιγμα εγγράφων ως πηγών πληροφόρησης
- η ενημέρωση ή προσθήκη στοιχείων σε κοινές πληροφορίες
- η ενημέρωση των χρηστών σχετικά με τις δράσεις άλλων χρηστών
- η υποβοήθηση της επικοινωνίας μεταξύ των μελών της ομάδας
- η δυνατότητα κατανομής του φόρτου εργασίας μεταξύ των μελών της ομάδας
- η καταγραφή και αποθήκευση όλων των ενεργειών του χρήστη, όπως η επικοινωνία
- η εκ νέου αναζήτηση και επαναχρησιμοποίηση των πληροφοριών.

Με τη χρήση κατάλληλων λογισμικών, μια διαδραστική επιφάνεια πολλών χρηστών είναι δυνατό να λειτουργήσει αποτελεσματικά στον τομέα της συνεργατικής ανάκτησης πληροφοριών (Wesson et al., 2012). Ωστόσο, ένας σημαντικός περιορισμός που αναδεικνύεται αφορά στην αποδοτική συγγραφή κειμένου χωρίς τη χρήση πληκτρολογίου.

Το γνωστό σε όλους πληκτρολόγιο QWERTY είναι η κύρια συσκευή εισαγωγής κειμένου η οποία λειτουργεί αποδοτικά και αποτελεσματικά για αρκετές δεκαετίες. Ως τώρα, τα πληκτρολόγια οθόνης που στηρίζονται στο ίδιο σύστημα (τα πλήκτρα των οποίων εμφανίζονται στην οθόνη στην ίδια διάταξη χωρίς να αποτελούν μόνιμα τοποθετημένα κουμπιά σε μια συσκευή ως φυσικό υλικό) θεωρούνται υποδεέστερα. Η ακρίβεια και η ταχύτητα στην εισαγωγή κειμένου είναι μικρότερες. Κατά συνέπεια, η ευθεία μεταφορά των γνωστών μεθόδων εισαγωγής κειμένου στο επίπεδο των διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών δείχνει προβληματική. Από την άλλη όμως, οι διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών προσφέρουν νέες ευκαιρίες στην εισαγωγή κειμένου, μιας και σηματοδοτούν σύγχρονους τρόπους με τους οποίους τα δύο χέρια μπορούν να αλληλεπιδράσουν και, άρα, προσφέρουν τη δυνατότητα πραγματοποίησης απαλών χειρονομιών (smooth gestures) πάνω στην οθόνη. Για παράδειγμα, θα μπορούσε κανείς να επιλέξει ευρείες ομάδες χαρακτήρων με το αριστερό χέρι, αλλά και τμήματα λέξεων ή ολόκληρες λέξεις με το δεξί με βάση τεχνικές πρόβλεψης της γλώσσας. Πρόκειται δηλαδή για δυνατότητες ασύμμετρης επιλογής λέξεων και με τα δύο χέρια: η επιλογή των ευρύτερων κατηγοριών μπορεί να πραγματοποιείται με το αριστερό χέρι και επιλεκτικά να βελτιώνεται το αποτέλεσμα με το δεξί χέρι.

Ένα άλλο πρόβλημα που προκύπτει στη χρήση των διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών είναι η γρήγορη τοποθέτηση των ψηφιακών αντικειμένων στο σωστό σημείο και μέγεθος που απαιτείται. Για τον σκοπό αυτό έχουν γίνει προτάσεις για την υιοθέτηση νέων χειρονομιών (gestures) όπως εκείνες που ζωγραφίζουν νοητά ένα ορθογώνιο εντός του οποίου θα τεθεί κάποιο αντικείμενο ή ακόμα πιο απλά τη σχεδίαση μιας γραμμής (αν διατηρείται η αναλογία προβολής του μήκους και του πλάτους του εκάστοτε αντικειμένου) πάνω στη διαδραστική επιφάνεια, τέτοιας που να αντιστοιχεί σε μία νοητή διαγώνιο του ψηφιακού αντικειμένου όπως αυτό τίθεται σε κάποιο σημείο (Hesselmann, Heuten, & Boll, 2011).

Μία μελέτη διερευνά συγκριτικά τη χρήση των διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών σε σχέση με την ταυτόχρονη χρήση πολλών ποντικών ως συσκευών εισόδου και μεθόδου διάδρασης (Hornecker et al., 2008). Το συμπέρασμά της είναι πως ένα σύστημα με πολλούς δείκτες παρέχει πολύ λιγότερες ορατές ενδείξεις σχετικά με τις ενέργειες που πραγματοποιεί κάθε άτομο μέσα στην ίδια ομάδα γιατί είναι απαραίτητο να επικεντρωθεί κανείς στην

κυκλοφορία μικρών δεικτών στην οθόνη. Έτσι, απαιτείται περισσότερη νοητική προσπάθεια για την αποκωδικοποίηση του ποιος ελέγχει ποιον δρομέα και τι ενέργειες κάνει ή τι σχεδιάζει να κάνει. Αντιθέτως, οι εμφανείς φυσικές κινήσεις του σώματος που σχετίζονται με την αλληλεπίδραση πολλών χρηστών δείχνουν να παρέχουν μεγαλύτερη επίγνωση των ενεργειών του συνεργάτη μέσα σε μια ομάδα και, άρα, καλύτερο προγραμματισμό για τις επόμενες ατομικές ενέργειες κάθε χρήστη.

Όταν πραγματοποιείται χρήση μιας διαδραστικής επιφάνειας πολλών χρηστών, τα μέλη της ομάδας αγγίζουν συνολικά το σύστημα περισσότερο από τη μεμονωμένη χρήση σε κατάσταση απλής αφής (single touch) λόγω της αυξημένης διάδρασης και της δυνατότητας διαπραγμάτευσης - για παράδειγμα της μετακίνησης αντικειμένων σε διάφορα σημεία μέχρι να γίνει αποδεκτή η τελική τους θέση από την ομάδα (Rick, Marshall, & Yuill, 2011). Η χρήση επιφανειών πολλών χρηστών σε σχέση με τις επιφάνειες απλής αφής (και την περιοδική εναλλαγή στη χρήση από τα μέλη μιας ομάδας διαδοχικά) ενισχύει τον διάλογο μεταξύ των μελών μιας ομάδας, ειδικά τον διάλογο για την πορεία και την εξέλιξη της δραστηριότητας. Αυτό είναι κάτι που εξαλείφει τη συζήτηση για το «ποιος έχει σειρά» η οποία κυριαρχεί συνήθως στους διαλόγους σε κατάσταση απλής αφής (Harris et al., 2009).

Οι δυνατότητες που δίνουν οι διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών στις φυσικές χειρονομίες και κινήσεις είναι ένα ανοιχτό ερευνητικό θέμα για τον τομέα της Αλληλεπίδρασης Ανθρώπου-Υπολογιστή. Οι χειρονομίες (gestures) αναδεικνύουν την πληθώρα επιλογών στη διεπαφή. Ενδεικτικά, αναφέρονται έρευνες για τη χρήση νέων προτεινόμενων χειρονομιών όπως οριζόντια κίνηση του δείκτη με τον αντίχειρα ως άξονα, οριζόντιες και κατακόρυφες κινήσεις του αντίχειρα με τον δείκτη (όπως η περιστροφή), οριζόντια κίνηση του δείκτη περιστροφής του γύρω από τον αντίχειρα και σύγκριση της αποτελεσματικότητάς τους με απλές κινήσεις του ποντικιού (Damaraju & Kerne, 2011). Μελέτες επίσης που αφορούν σε κινήσεις θυμίζουν την αρίθμηση με τα δάχτυλα (Baillly, Müller, & Lecolinet, 2012). Ακόμα, έχουν αρχίσει να μελετώνται και κινήσεις πάνω από τη διαδραστική επιφάνεια (κάθετα σε απόσταση κάποιων εκατοστών) με τη χρήση κατάλληλων βοηθητικών συσκευών ή αισθητήρων (Banerjee, Burstyn, Girouard, & Vertegaal, 2011; De Araújo, Casiez, Jorge, & Hachet, 2013; Hilliges et al., 2009). Μια κατηγοριοποίηση των συχνότερων χειρονομιών προέκυψε μετά από μελέτη που διεξήχθη στο ενυδρείο του Βανκούβερ στον Καναδά σχετικά με το πώς οι επισκέπτες αλληλεπιδρούν αυθόρμητα με μία μεγάλη οριζόντια διαδραστική επιφάνεια πολλών χρηστών (Hinrichs & Carpendale, 2011):

- Σύρε / Μετακίνηση. Το σύρσιμο και η μετακίνηση στοιχείων πολυμέσων είναι μία από τις πιο κοινές ενέργειες η οποία μπορεί να πραγματοποιείται σε μεγάλη ποικιλία και με διάφορες παραλλαγές. Οι χρήστες εφαρμόζουν, κατά βάση, χειρονομίες με το ένα χέρι (κυρίως με τον δείκτη του ενός χεριού) και, δευτερευόντως, χειρονομίες με τη χρήση δύο χεριών ή τη χρήση άνω των τεσσάρων ή πέντε δακτύλων.
- Μεγέθυνση / Σμίκρυνση. Η διεύρυνση ή σμίκρυνση των ψηφιακών αντικειμένων είναι η δεύτερη πιο κοινή ενέργεια. Το «τσίμπημα» με τη χρήση πέντε δακτύλων και το «άνοιγμα» δύο δακτύλων με τον δείκτη και τον αντίχειρα είναι οι πιο συχνές περιπτώσεις. Ωστόσο, το 70% του συνόλου των ενεργειών αλλαγής μεγέθους ενός πολυμεσικού αντικειμένου επιτυγχάνεται μέσω χειρονομιών και των δύο χεριών, φαινόμενο ιδιαίτερα συχνό μεταξύ των παιδιών.
- Περιστροφή. Η περιστροφή ενός ψηφιακού αντικειμένου είναι λιγότερο συνηθισμένη ενέργεια και εφαρμόζεται πιο συχνά από τους ενήλικες παρά από τα παιδιά. Η πιο κοινή χειρονομία περιστροφής πραγματοποιείται αγγίζοντας το αντικείμενο και με τα πέντε δάχτυλα του ενός χεριού και ταυτόχρονα περιστρέφοντας τον καρπό ή τον βραχίονα στην επιθυμητή κατεύθυνση.
- Ταχύ πάτημα και απελευθέρωση κουμπιού (tap). Γίνεται σχεδόν αποκλειστικά με το ένα δάχτυλο.
- Σάρωση. Η σάρωση συνήθως παρατηρείται ως ενέργεια μετακίνησης ενός αντικειμένου σε όλη σχεδόν την έκταση της διαδραστικής επιφάνειας με έναν λιγότερο ελεγχόμενο τρόπο από την ενέργεια σύρε / μετακίνηση. Συνήθως, με τη χειρονομία αυτή επηρεάζονται πολλά αντικείμενα ταυτόχρονα. Τα παιδιά συνηθίζουν να ενεργούν με τον τρόπο αυτόν κυρίως σε πιο παιγνιώδεις φάσεις ή χρονικές στιγμές και, μάλιστα, οι ενέργειές τους γίνονται και με τα δύο χέρια. Οι χειρονομίες αυτές εμπλέκουν συνήθως τέσσερα ή περισσότερα δάχτυλα, συχνά, δε, περιλαμβάνουν και ολόκληρη την παλάμη του χεριού. Υπάρχουν περιπτώσεις, μάλιστα, που χρησιμοποιούνται τα μανίκια και οι βραχίονες των χρηστών για να σαρωθούν αντικείμενα στη διαδραστική επιφάνεια. Κάποιες φορές κατά τη διεξαγωγή χειρονομιών σάρωσης οι χρήστες εναλλάσσουν γρήγορα τα δύο χέρια.
- Τίναγμα. Η πλειοψηφία αυτών των χειρονομιών (σύντομα ισχυρά πετάγματα ενός στοιχείου προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση) γίνονται με το ένα χέρι, ενώ τα παιδιά κάποιες φορές χρησιμοποιούν και τα δύο χέρια.
- Κράτημα. Πραγματοποιείται ως ένα σταθερό πάτημα ενός πολυμεσικού αντικειμένου. Χρησιμοποιείται για να διατηρηθεί στη θέση του ένα αντικείμενο από κάποιον χρήστη,

ενώ κάποιος άλλος προσπαθεί να το αρπάξει ή όταν κάποιο αντικείμενο γλιστρήσει μακριά από λάθος χειρισμό. Συνηθίζεται σε ομάδες παιδιών.

- Ασύμμετρη χρήση των χεριών. Οι χρήστες χρησιμοποιούν τα χέρια τους σε ασύμμετρες χειρονομίες και ταυτόχρονες ασύμμετρες ενέργειες.

Σε άλλη μελέτη αναφέρθηκε, επιπλέον, και η επιλογή (selection) ενός αντικειμένου από τους χρήστες η οποία διαφέρει από το ταχύ πάτημα (Aliakseyeu et al., 2010). Ένα ενδιαφέρον εύρημα είναι πως συχνά πραγματοποιείται μετακίνηση αντικειμένων ταυτόχρονα από δύο, τρεις ή περισσότερους χρήστες (συνήθως παιδιά), ακόμα και αν οι δραστηριότητες δεν έχουν σχεδιαστεί για τέτοιες συνέργειες εντός της ομάδας (Jamil et al., 2012). Αξιοσημείωτη είναι στις περιπτώσεις αυτές η συντονισμένη φύση της κίνησης, σαν να έχουν όλοι ίση πρόσβαση και συμμετοχή στην ενέργεια που πραγματοποιείται.

Σημαντική για την εκπόνηση μελετών σχετικά με τις διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών είναι, αφενός η βέλτιστη σχεδιάσή τους και αφετέρου, σε μεταγενέστερο ερευνητικό στάδιο, το με τι και πώς μπορεί να συγκριθεί η αποτελεσματικότητά τους. Σε μερικές έρευνες η σύγκριση πραγματοποιείται μέσω της χρήσης πρωτοτύπων (prototypes) χαμηλής ποιότητας ως ένα ανάλογο μη-ψηφιακό περιβάλλον εργασίας με την ψηφιακή διαδραστική επιφάνεια (Derboven et al., 2010; Jamil et al., 2011; McCrindle, Hornecker, Lingnau, & Rick, 2011; Rick et al., 2010) και η σύγκριση των μαθησιακών αποτελεσμάτων στα δύο περιβάλλοντα (Higgins et al., 2012; Mercier & Higgins, 2013; Piper & Hollan, 2009; Schneider, Strait, et al., 2012). Παρατηρήθηκε πως τα παιδιά, σε μεγαλύτερο βαθμό από τους ενήλικες, εμποδίζουν περισσότερο κάποιον συνεργάτη τους να μετακινήσει ένα αντικείμενο στο μη-ψηφιακό περιβάλλον σε σχέση με το διαδραστικό τραπέζι (Mansor, 2012). Ωστόσο, δύο μόνο από τις μελέτες αυτές συνέκριναν τη διεξαγωγή της ίδιας δραστηριότητας με τη χρήση διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών με τη διεξαγωγή στην κατάσταση πλήρους απουσίας ψηφιακών εργαλείων (Higgins et al., 2012; Mercier, Vourloumi, & Higgins, 2017). Η σύγκριση έγινε ανάμεσα σε ομάδες που δούλεψαν σε διαδραστικό τραπέζι και σε ομάδες που δούλεψαν αναλογικά στην ίδια δραστηριότητα με χαρτί και μολύβι. Αναφέρεται πως οι ομάδες που χρησιμοποίησαν χαρτί ήταν κατά 25% πιο αργές στη διεξαγωγή της δραστηριότητας. Ακόμα, αναφέρεται πως δεν επετεύχθη υψηλότερο ή πιο σύνθετο επίπεδο συλλογιστικής από τις ομάδες που δούλεψαν στις διαδραστικές επιφάνειες.

3.3.2 Συνεργασία γύρω από το διαδραστικό τραπέζι

Σε μία έρευνα αποτυπώθηκε ένα ολιστικό πλαίσιο αξιολόγησης ενός διαδραστικού τραπέζιού πολλών χρηστών (Shaer et al., 2012). Το πλαίσιο προέκυψε μέσα από έρευνα σε ένα

εκπαιδευτικό περιβάλλον σχετικό με τη διδασκαλία σύνθετων θεμάτων Βιολογίας στην Τριτοβάθμια εκπαίδευση. Το συγκεκριμένο πλαίσιο αποτελείται από τρία επίπεδα. Το πρώτο επίπεδο αφορά στη χρηστικότητα του συστήματος η οποία μπορεί να χωριστεί σε επιμέρους διαστάσεις:

- στη λειτουργικότητα (την ικανότητα του συστήματος να υποστηρίξει τον χρήστη στην ολοκλήρωση ενός απαιτούμενου συνόλου εργασιών)
- στον βαθμό ευκολίας προσαρμογής των χρηστών ώστε να μάθουν πώς να χρησιμοποιούν ένα σύστημα
- στην απόδοση (στον βαθμό, δηλαδή, στον οποίο η ολοκλήρωση μιας εργασίας ικανοποιεί την πληρότητα, την ακρίβεια και την ταχύτητα)
- στη δυνατότητα του χρήστη να διατηρήσει την ικανότητα της χρήσης σε ένα σύστημα μετά από μια περίοδο μη χρήσης
- στον αριθμό, το είδος και τη σοβαρότητα των σφαλμάτων, καθώς και στο κατά πόσο είναι εύκολο να μάθει ο χρήστης από τα λάθη του
- στην ικανοποίηση (ο βαθμός στον οποίο ένας χρήστης βρίσκει το σύστημα ευχάριστο στη χρήση).

Το δεύτερο επίπεδο εξετάζει τη χρηστικότητα στην ολοκλήρωση μιας συγκεκριμένης εργασίας σε συνεργατικό περιβάλλον και αποτελείται από δύο διαστάσεις: α) την αποτελεσματικότητα (effectiveness), την έκταση δηλαδή στην οποία οι στόχοι των χρηστών επιτυγχάνονται μέσω μιας διαδικασίας κατά την οποία τα μέλη της ομάδας επικοινωνούν ενεργά μεταξύ τους για να επιδείξουν κοινή προσπάθεια και β) την αποδοτικότητα (efficiency), τον βαθμό, δηλαδή, στον οποίο οι στόχοι επιτυγχάνονται με την επένδυση της λιγότερης δυνατής προσπάθειας (σωματικής και ψυχικής) εντός της μικρότερης δυνατής χρονικής διάρκειας.

Τέλος, το τρίτο επίπεδο επικεντρώνεται στη μελέτη των επιδόσεων των χρηστών και στις πρακτικές τους και αναλύεται περαιτέρω σε τρεις διαστάσεις:

- Στην απόδοση εξετάζοντας, όμως, όχι μόνο ποσοτικά το έργο με επίκεντρο τις μετρήσεις (χρόνος διεκπεραίωσης, ποσοστά ολοκλήρωσης, ακρίβεια, φόρτος εργασίας) αλλά και ποιοτικά τη μάθηση με επίκεντρο μετρήσεις που διερευνούν τον τρόπο με τον οποίο οι χρήστες μαθαίνουν μαζί.
- Στη δέσμευση, η οποία εκτείνεται πέρα από την απλή ικανοποίηση των χρηστών, για να γίνει αντιληπτός ο βαθμός του ενδιαφέροντος του χρήστη, τη συναισθηματική εμπλοκή, και τη δυναμική αλληλεπίδραση.

- Στον βαθμό και τον τρόπο με τον οποίο οι χρήστες αλληλεπιδρούν κατά τη διάρκεια μιας εργασίας, αναφορικά με την ίδια την επικοινωνία τους, την εξαγωγή πληροφοριών, τον συντονισμό, τις διαπροσωπικές σχέσεις και τα κίνητρα.

Σε σχετική έρευνα επιχειρείται μία συνολική προσπάθεια σκιαγράφησης του ρόλου τριών βασικών μηχανισμών στην επιτυχία ενός διαδραστικού συστήματος πολλών χρηστών (Yuill & Rogers, 2012). Ειδικά, μελετήθηκαν οι διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών μέσω του πρίσματος των κοινωνικών παραγόντων, δηλαδή, συγκεκριμένα μέσω:

- της επίγνωσης (awareness) των ενεργειών και των προθέσεων των άλλων μελών της ομάδας
- του υψηλού ελέγχου του συστήματος μέσω της διεπαφής (δηλαδή, της έκτασης του ελέγχου που διαθέτει κάθε χρήστης σε δράσεις και αποφάσεις)
- της υψηλής διαθεσιμότητας των πληροφοριών (δηλαδή, των τρόπων με τους οποίους πληροφορίες σχετικά με τη συμπεριφορά των χρηστών και το έργο τους είναι διαθέσιμες και ορατές στους υπόλοιπους).

Οι τρεις αυτοί παράγοντες σχετίζονται άμεσα με την έννοια της αμοιβαιότητας (mutuality). Για παράδειγμα, σχετικά με την επίγνωση, η αμοιβαιότητα εκτός του ότι ο ένας χρήστης μπορεί να αντιλαμβάνεται τις ενέργειες του άλλου σημαίνει και κοινή, αμοιβαία αντίληψη της επίγνωσής του άλλου. Σχετικά με τον έλεγχο, αποδείχθηκε πως τα μέλη μιας ομάδας απασχολούνται όχι μόνο με τις δικές τους ενέργειες, αλλά αμοιβαία και με τις ενέργειες του συνεργάτη τους: εκπροσωπούν ατομικά αυτό που οι ίδιοι κάνουν, αλλά επίσης εκπροσωπούν και τις ενέργειες του άλλου. Επιπρόσθετα, σχετικά με τη διαθεσιμότητα της πληροφορίας, τα μέλη της ομάδας από κοινού και δυναμικά προχωρούν στην αμοιβαία κατασκευή και διατήρηση κοινών ερμηνειών και παραδοχών σχετικά με μία εργασία. Ένας χρήστης γνωρίζει τις ενέργειες και τις προθέσεις των άλλων χρηστών, αλλά, ταυτόχρονα η ομάδα πρέπει να έχει κοινή επίγνωση για τις δικές του ενέργειες και προθέσεις. Αντίστροφα, η συμπεριφορά κάθε χρήστη προγραμματίζεται έχοντας κατά νου την αμοιβαία επίγνωση. Συνεχίζοντας το σκεπτικό τους οι Yuill & Rogers (2012) τονίζουν πως ο ορισμός των βαθμών ελευθερίας και αντίστοιχα των περιορισμών που προβλέπονται για καθέναν από τους διαφορετικούς μηχανισμούς - την επίγνωση, τον έλεγχο και τη διαθεσιμότητα - βοηθούν τους σχεδιαστές εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων να εξετάσουν τι πρέπει να επιτρέπεται, τι πρέπει να αποφεύγεται και για ποιους λόγους κατά τη συνεργασία μεταξύ των μελών μιας ομάδας.

Ειδικά για την επίγνωση αναφέρεται στην ίδια μελέτη πως η διαδικασία να κάνει κανείς ορατό κάποιο νόημα μέσω περιορισμών (επικέντρωση της προσοχής των άλλων και, στη συνέχεια, ερμηνεία μιας κατάστασης) πραγματοποιείται φυσικά στον άνθρωπο (για παράδειγμα, με μία χειρονομία να δείχνει κανείς με το δάχτυλο). Από την άλλη, η χρήση των περιορισμών σχετικά με τον έλεγχο είναι ευρέως διαδεδομένη και γενικά εμφανής, ιδιαίτερα στα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Σε ένα τυπικό πλαίσιο, ένας δάσκαλος θα περιορίσει τις πιθανές ενέργειες ή επιλογές, έτσι ώστε ο μαθητής να υποστηρίζεται στο να επιλέξει το σωστό. Η επιλογή του κατά πόσο μπορεί να περιορίσει ή να χαλαρώσει κανείς τον έλεγχο στις διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών (για παράδειγμα, στην ενημέρωση σχετικά με τη λεκτική συνεισφορά των διαφόρων χρηστών), εξαρτάται από το κατά πόσο ο εκπαιδευτικός ή ο ερευνητής θέλει να βασιστεί στην ή να ενθαρρύνει την αυτορρύθμιση των χρηστών. Πέρα από αυτά, οι περιορισμοί στη διαθεσιμότητα των πληροφοριών, για παράδειγμα, σχετικά με το πότε, πού και πώς δύναται να πραγματοποιήσει κανείς μία χειρονομία, τι πρέπει να αναφέρει και τι να διαβάσει, προκύπτουν αρκετά φυσικά μέσα σε ένα μαθησιακό περιβάλλον. Ωστόσο, κατά τη χρήση των διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών μπορεί συχνά να καταργούνται αυτοί οι περιορισμοί και οι κανόνες, και, έτσι, να διενεργείται μια ανθρώπινη αλληλεπίδραση που προσφέρει πολλές δυνατότητες και επιλογές χωρίς κατ' ανάγκη αυτή η κατάργηση να οδηγεί σε επιτυχία. Για παράδειγμα, σε μία επιφάνεια στην οποία όλοι μπορούν να εργάζονται ταυτόχρονα πάνω σε ένα σύνθετο πρόβλημα μπορεί να παράγονται παράλληλες λειτουργίες. Κάθε άτομο μπορεί να πραγματοποιεί γρήγορες αλλαγές στο συνολικό έργο, τέτοιες που να μην μπορούν να γίνουν αντιληπτές από τους άλλους. Ταυτόχρονα, μπορεί να μην παρακολουθεί τις ενέργειες των άλλων, ενέργειες που μπορεί να συμβαίνουν με εξίσου ταχείς ρυθμούς. Έτσι, αντί να βοηθηθεί η συλλογική εργασία, το αποτέλεσμα μπορεί να είναι το αντίθετο. Προτείνεται, λοιπόν, η παραδοχή και κατανόηση σχετικά με τους τρόπους με τους οποίους παρέχονται τα διαφορετικά επίπεδα και είδη των περιορισμών κατά τη χρήση των διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών (Yuill & Rogers, 2012).

Μία ακόμα έρευνα εστιάζει στο γεγονός πως ο βαθμός στον οποίο τα παιδιά θυμούνται και συνειδητοποιούν ατομικά το κατά πόσο τα ίδια συνέβαλαν και πόσο οι υπόλοιποι συμμετείχαν στην ίδια δραστηριότητα φαίνεται να μη γίνεται σαφής και απόλυτος κατά τη χρήση των διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών (Rick, Harris, et al., 2009). Ένα ενδιαφέρον ερώτημα είναι αν όντως αυτή η αίσθηση σχετίζεται με το βαθμιαίο πέρασμα της μνήμης των μελών μιας ομάδας σε μια πιο «συλλογική» κατάσταση της οποίας το κύριο και απόλυτο κριτήριο αφορά στα συλλογικά επιτεύγματα, στις συλλογικές αποφάσεις και στη συλλογική διαλεκτική που αναπτύσσεται.

Σε έξι από τις μελέτες τους δείγματος διερευνώνται εμπειρικά και με οργανωμένο τρόπο μερικοί από τους δείκτες που προσδιορίζουν το είδος της συνεργασίας και της επικοινωνίας μεταξύ των μελών μιας ομάδας γύρω από μία διαδραστική επιφάνεια πολλών χρηστών. Αρχικά, μελετήθηκαν παράγοντες που αναφέρονται στην ισονομία στη συμμετοχή, στην ποσότητα και στο είδος των διαλόγων και ενεργειών που πραγματοποιούνται (Fleck et al., 2009). Στην ίδια μελέτη διακρίνονται οι μηχανισμοί που σχετίζονται με τη συνεργατική μάθηση στις παρακάτω κατηγορίες:

- Μηχανισμοί διαλογικής συνεργασίας, οι οποίοι σχετίζονται με τους τρόπους λήψης και αποδοχής αποφάσεων καθώς και με τη διαπραγμάτευση των ζητημάτων που προκύπτουν εντός ομάδας.
- Μηχανισμοί συνεργατικού συντονισμού, οι οποίοι σχετίζονται με τη συν-αντίληψη και κοινή εστίαση σε στόχους και ενέργειες εντός ομάδας. Οι μηχανισμοί αυτοί επιτρέπουν την παρακολούθηση των εν εξελίξει ενεργειών και αναγνωρίζουν πιθανή σύγκρουση.

Για την αποτύπωση του τρόπου με τον οποίο εκδηλώνονται οι παραπάνω μηχανισμοί πραγματοποιήθηκε μια εμπειρική μελέτη από την ίδια ομάδα ερευνητών κατά την οποία ζητήθηκε από μαθητές να συνεργαστούν σε διαδραστικά τραπέζια και να δημιουργήσουν ένα ψηφιακό πλάνο για το πώς μπορούν να κατανεμηθούν οι μαθητές στα θρανία της τάξης τους (πλάνο τάξης). Μερικές από τις παρατηρήσεις των μελετητών σχετικά με το είδος της συνεργασίας που προέκυψε ήταν οι εξής:

- Συχνά οι μαθητές αποσαφήνιζαν ή επαναλάμβαναν αυτό που άλλα μέλη της ομάδας είχαν πει για να εξασφαλιστεί πως οι ίδιοι το καταλάβαιναν. Τα σχόλια αυτά συνήθως γίνονταν σε συνδυασμό με ορισμένες υποστηρικτικές φυσικές χειρονομίες.
- Προέκυψαν ενδείξεις για την ύπαρξη ενός νέου είδους μη-λεκτικών χειρονομιών οι οποίες λειτουργούσαν ως κατάφαση και αποδοχή μιας πρότασης.
- Μερικές διαδικασίες αναίρεσης ενεργειών άλλου μέλους της ομάδας ή παρεμπόδισης της μετακίνησης αντικειμένων στην επιφάνεια του τραπεζιού από άλλο χρήστη φάνηκε να λειτουργούν συχνά προωθητικά στη συζήτηση για την υιοθέτηση ή απόρριψη μιας πρότασης. Παρατηρήθηκε πως με αυτόν τον τρόπο τα μέλη της ομάδας συχνά απεικόνιζαν μια ιδέα και πως, συνήθως, λειτουργούσαν στα πλαίσια μιας διαπραγμάτευσης. Ιδιαίτερα η αναίρεση μιας ενέργειας η οποία πραγματοποιήθηκε από κάποιον άλλον χρήστη παρατηρήθηκε κατά κόρον στα πειράματα και για τον λόγο αυτό οι ερευνητές κατέληξαν πως απαιτούνται διαδικασίες, πλαίσιο και κανόνες για την αποφυγή χειριστικών συμπεριφορών από μέλη της ομάδας απέναντι σε άλλα μέλη.

- Η λεκτική και σωματική αλληλεπίδραση συνέβαλε συχνά στην αξιολόγηση προτάσεων και στη διαπραγμάτευση ιδεών μεταξύ των μελών μιας ομάδας.
- Κάποιες φορές τα μέλη μιας ομάδας εργάζονταν μεμονωμένα, ωστόσο, οι περίοδοι αυτές ήταν περιορισμένες και, συχνά, μικρές σε διάρκεια. Συνήθως οι εναλλαγές μεταξύ της συνεργασίας και της ατομικής ενασχόλησης ήταν αρκετές και γρήγορες.
- Κάποιες φορές οι μαθητές μιλούσαν και παρουσίαζαν τις προτάσεις τους με μία φυσική κίνηση (χειρονομία) την ίδια στιγμή. Άλλες φορές σταματούσαν για να παρακολουθήσουν το συνδυασμό λεκτικής και μη λεκτικής πρότασης κάποιου άλλου.
- Υπήρξαν περιπτώσεις που οι συμμετέχοντες αντάλλασαν αντικείμενα στην οθόνη του τραπεζιού μεταξύ τους «δίνοντάς» τα ο ένας στον άλλο.
- Ακόμα και σε περιόδους λιγότερο στενής συνεργασίας ή έντονης εργασίας οι συμμετέχοντες μιλούσαν αρκετά, συνέχιζαν να κάνουν υποδείξεις ο ένας στον άλλο, περιστασιακά, ζητώντας τις απόψεις των υπολοίπων ακόμα και χωρίς να λαμβάνουν ή να περιμένουν να λάβουν την απάντηση των συνεργατών τους. Η παρατήρηση αυτή έχει την αξία της στο επίπεδο της παρακολούθησης των ενεργειών κάθε μέλους της ομάδας από τους υπόλοιπους.

Η συγκεκριμένη έρευνα αποτέλεσε την πρώτη ερευνητική προσπάθεια να καθοριστεί ένα πλαίσιο μελέτης του είδους της επικοινωνίας που λαμβάνει χώρα γύρω από μια διαδραστική επιφάνεια πολλών χρηστών. Μια μεταγενέστερη έρευνα προχώρησε περαιτέρω στην ποιοτική και ποσοτική μελέτη της συνεργασίας (Valdes et al., 2012). Συγκεκριμένα, καταγράφηκε ένα σύστημα κωδικοποίησης της συνεργασίας περιλαμβάνοντας λεκτική και σωματική συμμετοχή (δηλαδή εκδηλώσεις αφής, και “offline” χειρονομίες, όπως το να δείχνει κανείς, να προσπαθεί να αγγίξει κάτι, το «κλείδωμα» αντικειμένων με το χέρι και η καταγραφή σημειώσεων σε χαρτί). Η διάδραση με το σύστημα και την ομάδα ορίστηκε περίπου ως το άθροισμα των γεγονότων φυσικής συμμετοχής μέσω ομιλίας, του αριθμού των γεγονότων άμεσης επαφής με το σύστημα και των offline χειρονομιών ανά συμμετέχοντα. Αντίστοιχη περίπου λογική για την ποσοτική «μέτρηση» της διάδρασης καταγράφηκε και σε άλλη έρευνα (Battocchi et al., 2009). Το μέτρο αυτό αποτελεί έναν δείκτη που δεν μπορεί να περιγράψει αμιγώς ποιοτικά τη συνεργασία ειδικά αν δεν έρχεται σε αντιπαραβολή με άλλες ποσότητες προερχόμενες από ομάδες ελέγχου. Ωστόσο, αυτές οι προσπάθειες αποτέλεσαν τις πρώτες έρευνες για την ταξινόμηση της φύσης των διαλόγων που πραγματοποιήθηκαν σε πειράματα και μετρήθηκε τελικά το είδος τους ξεχωριστά ως ποσοστό του χρόνου επί του συνόλου των διαλόγων (Valdes et al., 2012). Η ταξινόμηση των διαλόγων που χρησιμοποιήθηκε ήταν η εξής:

- επίλυση προβλήματος (σχεδιασμός ενεργειών, σχετικές ερωτήσεις ή επισήμανση γεγονότων)
- συντονισμός (συζήτηση για τη σειρά κάθε μέλους να κάνει κάποια ενέργεια, πλοήγηση, λεκτική σκίαση, καταμερισμός των εργασιών)
- αντανάκλαση (σχόλια αναφορικά με τον σκοπό της άσκησης, συλλογή δεδομένων, ανάλυση, υποθέσεις).

Το 73% της λεκτικής επικοινωνίας αναφέρθηκε πως ανήκει στα παραπάνω είδη διαλόγων (Valdes et al., 2012). Ωστόσο, η έλλειψη συγκεκριμένων υποθέσεων/συνθηκών και η έλλειψη χρήσης ομάδων ελέγχου στα συγκεκριμένα πειράματα δεν κάνει σαφές αν αυτό οφείλεται στη χρήση των διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών και στα τεχνολογικά χαρακτηριστικά τους. Ακολούθησαν τρεις μελέτες που εστιάζουν σε παρεμφερείς και πληρέστερες ταξινομήσεις.

Μία εναλλακτική κατηγοριοποίηση σχετικά με τη λεκτική επικοινωνία περιελάμβανε τους εξής τύπους επικοινωνίας: ανεξάρτητα σχόλια, ημι-διαδραστικά (σχόλια που αναφέρονται σε προηγούμενα γεγονότα ή επιχειρούν να παρασύρουν και άλλους σε διάλογο), αναλυτικά-διαδραστικά (διαπραγματευτικά σχόλια, σχόλια που προβάλλουν ή αντιπαραθέτουν ένα επιχείρημα κατόπιν συμφωνίας ή διαφωνίας), σχόλια προς τον δάσκαλο, διαδικαστικά και άλλα σχόλια δευτερεύουσας σημασίας (Higgins et al., 2012). Μια παρόμοια, πληρέστερη κατηγοριοποίηση της λεκτικής επικοινωνίας που έχει προταθεί από την ίδια ομάδα μελετητών είναι η εξής: συζήτηση για τη στρατηγική που ακολουθεί η ομάδα, προσδιορισμός της στρατηγικής μιας άλλης ομάδας, διόρθωση λαθών μεταξύ των μελών, αναγνώριση επαναλαμβανόμενων μοτίβων στη διεκπεραίωση μιας δραστηριότητας, συζήτηση, αναζήτηση βοήθειας εντός ομάδας (Mercier & Higgins, 2013).

Μια τέταρτη αντίστοιχη πρόταση εστιάζει στη λεκτική επικοινωνία με βάση την αναγνώριση της ομάδας, τις δηλώσεις, δηλαδή, που αφορούν ολόκληρη την ομάδα ή τη χρήση των αντωνυμιών στον πληθυντικό (εμείς, εμάς) οι οποίες προσδιορίζουν τα μέλη ως μέρος μιας ομάδας. Μέσω αυτής της οπτικής οι διάλογοι κατηγοριοποιούνται ως εξής (Jamil et al., 2011):

- αλληλεξάρτηση - δηλώσεις σχετικά με την ανάγκη για ομαδική εργασία και συνεργασία
- οδηγίες - εντολές, αιτήσεις ως μέσο για να ωθήσει κανείς έναν ακροατή να εκτελέσει μια συγκεκριμένη ενέργεια
- κοινωνική οργάνωση - δηλώσεις που εμπλέκονται στον σχεδιασμό, τη διαχείριση, την οργάνωση και τον συντονισμό των δραστηριοτήτων της ομάδας

- εργασίες - δηλώσεις που σχετίζονται με τις δραστηριότητες (πχ. ταξινόμηση) και το θέμα (όπως οι σχέσεις μεταξύ εννοιών)
- αντανάκλαση - δηλώσεις που σχετίζονται με ευρύτερη συζήτηση επί του θέματος το οποίο διαπραγματεύεται η ομάδα
- μέθοδοι αλληλεπίδρασης - δηλώσεις που αφορούν τρόπους πρόσβασης και χειρισμό αντικειμένων
- παιγνίδισμα - δηλώσεις που σχετίζονται με την έλλειψη προσήλωσης στο θέμα και ενέργειες άσχετες με αυτό.

Από τα παραπάνω δείχνει να προκύπτει άμεσα η ανάγκη μιας ενιαίας επιστημονικής κωδικοποίησης των μεθόδων, των τρόπων μελέτης και των αποτελεσμάτων της λεκτικής επικοινωνίας γύρω από μία διαδραστική επιφάνεια πολλών χρηστών σε ένα ολιστικό πλαίσιο, ενταγμένο στη συνολικότερη μελέτη τέτοιων συστημάτων. Ειδικό ερευνητικό θέμα, ενδεχομένως, να πρέπει να αποτελέσει η σύνδεση αυτής της λεκτικής επικοινωνίας με τη μη λεκτική επικοινωνία ως ένα ενιαίο σύνολο επικοινωνιακής διάδρασης γύρω από διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών.

Μία μελέτη εστίασε στις στρατηγικές συνεργασίας σχετικά με την κωδικοποίηση, ανάλυση και ταξινόμηση της συνεργατικής συμπεριφοράς μεταξύ ενήλικων χρηστών ενός διαδραστικού συστήματος πολλών χρηστών στον τομέα της Βιολογίας (Shaer et al., 2012):

- Ανεξάρτητος χρήστης: ο χρήστης απορροφάται στη δική του δραστηριότητα. Υπάρχει ελάχιστη λεκτική επικοινωνία με τους άλλους.
- Οδηγός-επιβάτης: ο χρήστης-οδηγός είναι πλήρως απασχολημένος με το έργο και λειτουργεί στο περιβάλλον διάδρασης. Ο χρήστης-επιβάτης δεν επικεντρώνεται στην αποστολή.
- Οδηγός-πλοηγός: απασχολούνται όλοι οι χρήστες. Ο πλοηγός συμβάλλει με τις προτάσεις και τις παρατηρήσεις του, ενώ ο οδηγός χρησιμοποιεί το περιβάλλον διάδρασης και κάποια στιγμή ακολουθεί τις προτάσεις.
- Turn-Takers: οι χρήστες λειτουργούν στο περιβάλλον, κάνουν αλλά και δέχονται υποδείξεις και παρατηρήσεις.

Αν και η συγκεκριμένη κατηγοριοποίηση είναι αρκετά στατική και σχετικά άκαμπτη μπορεί να βοηθήσει ως ένα βαθμό στη μελέτη της συμπεριφοράς των χρηστών.

Σε μία ακόμα έρευνα μελετήθηκε η συνεργατική συμπεριφορά τριών μικρών ομάδων μαθητών (όλες αποτελούμενες από δύο άτομα) και αποτυπώθηκαν ο τρόποι με τους οποίους δούλεψαν

αυθόρμητα για την ολοκλήρωση τριών διαδοχικών δραστηριοτήτων πάνω σε μια διαδραστική επιφάνεια πολλών χρηστών (Harris et al., 2009). Οι συγκεκριμένοι ερευνητές είναι ίσως οι πρώτοι που προσπάθησαν να συσχετίσουν τις συνεργατικές πρακτικές αυτές με στοιχεία των θεωριών μάθησης. Συγκεκριμένα:

- Σε μία από τις διμελείς ομάδες ο πιο προχωρημένος μαθητής έπαιξε σταθερά ως ένα χρονικό σημείο τον ρόλο του δασκάλου προς τον λιγότερο ικανό μαθητή. Οι ερευνητές συσχέτισαν την εμπειρία αυτή με τη δανεισμένη από τον Vygotsky έννοια της ζώνης επικείμενης ανάπτυξης, μια και έκανε φανερό τη διαφορά ανάμεσα σε αυτό που από μόνος του μπορούσε να πετύχει ο λιγότερο ικανός μαθητής και σε αυτό που κατέκτησε με τη βοήθεια άλλων.
- Ο τρόπος που λειτούργησε μια άλλη ομάδα, συσχετίστηκε από τους ερευνητές με την έννοια της συγκλίνουσας εννοιολογικής αλλαγής (convergent conceptual change) (Roschelle, 1992). Οι μαθητές δούλεψαν κοινά και ακολούθησαν μια διαδικασία μέσα από την οποία οδηγήθηκαν σταδιακά σε ένα συμβιβασμό μεταξύ των διαφορετικών οπτικών που είχαν για το ίδιο θέμα αρχικά.

Οι ερευνητές παρατήρησαν πως σε μία ομάδα η υποχρεωτική διαμοίραση των ενεργειών σε ίσες ποσότητες για κάθε μέλος δεν είναι η καλύτερη πρακτική. Πολύ περισσότερο πρόσθεσαν πως η ισότητα στη διάδραση πάνω στη διαδραστική επιφάνεια (δηλαδή, ίσος αριθμός γεγονότων διεπαφής κάθε χρήστη με το σύστημα) δεν αποτελεί αναγκαίο δείκτη επιτυχούς συνεργασίας. Η αξία των συμπερασμάτων αυτών έγκειται στο γεγονός πως για πρώτη φορά έγινε, έστω και ακροθιγώς, μία προσπάθεια να συνδεθούν οι συνεργατικές ενέργειες γύρω από διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών με στοιχεία των σύγχρονων θεωριών μάθησης. Ένα σχετικό συμπέρασμα που επίσης αναφέρεται αφορά στη ρευστότητα της αλληλεπίδρασης και στη γρήγορη και διαρκή εναλλαγή των ρόλων μεταξύ των χρηστών της διαδραστικής επιφάνειας (Hornecker et al., 2008).

Πέντε από τις έρευνες εστίασαν στην ιδιοκτησία του περιεχομένου, δηλαδή, στον κοινό και στον ατομικό έλεγχο των αντικειμένων των διαδραστικών τραπεζιών.

Συχνά, η σχεδίαση διαδραστικών συστημάτων πολλών χρηστών εστιάζει στο να παρέχεται σε κάθε χρήστη αρκετός χώρος για να ανακαλύψει και να χρησιμοποιήσει τις διαθέσιμες πληροφορίες και τα σχετικά ψηφιακά αντικείμενα (Klinkhammer, Nitsche, Specht, & Reiterer, 2011). Μια βασική πρόκληση για το σχεδιασμό δραστηριοτήτων που υποστηρίζονται σε διαδραστικές επιφάνειες πολλαπλής επαφής είναι η σωστή ισορροπία μεταξύ των ατομικών

ενεργειών του καθενός και των συνεργατικών ομαδικών ενεργειών (Maldonado et al., 2010). Συνήθως, οι χρήστες των συστημάτων αυτών δείχνουν να αναλαμβάνουν κυρίως την ευθύνη για τα ψηφιακά αντικείμενα που βρίσκονται πιο κοντά στη σχετική θέση των χρηστών γύρω από το σύστημα (Rick et al., 2011). Μάλιστα, αυτό δε φαίνεται να συμβαίνει μόνο λόγω της δυσκολίας στην πρόσβαση σε κάποιο απομακρυσμένο σημείο της επιφάνειας. Ειδικά τα παιδιά δε διστάζουν να χρησιμοποιήσουν όλη την επιφάνεια στην οποία μπορούν να φτάσουν (Jamil et al., 2012), ωστόσο, φαίνεται πως τείνουν να λειτουργούν ως επί το πλείστον στην περιοχή του τραπεζιού που βρίσκεται πλησιέστερα σε αυτά (Rick et al., 2011). Έρευνες ιδιαίτερα στον τομέα της Αλληλεπίδρασης Ανθρώπου-Υπολογιστή, από την άλλη, στοχεύουν στην ανάδειξη νέων τεχνικών στην υποβοήθηση των χρηστών να έρχονται άνετα και εύκολα σε επαφή με όλη τη διαδραστική επιφάνεια όσο απομακρυσμένα και αν είναι τα διάφορα σημεία της (Abednego, Lee, Moon, & Park, 2009; Schmidt, Chong, & Gellersen, 2010).

Από άλλες παρατηρήσεις στη χρήση διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών από παιδιά προκύπτει πως η χωρική οργάνωση των δραστηριοτήτων είναι κάτι που επιτυγχάνεται αρκετά δυναμικά (Jamil et al., 2012). Οι χρήστες είναι δυνατόν να κινούνται γύρω από το τραπέζι για να εργαστούν σε στενή εγγύτητα μεταξύ τους. Είναι δυνατόν να εργάζονται άνετα ατομικά και σε κοντινή απόσταση ο ένας με τον άλλο αντί να υιοθετούν πιο κοντινές και ελεγχόμενες περιοχές της διαδραστικής επιφάνειας. Οι δραστηριότητες αποκλεισμού ενός αντικειμένου από άλλους χρήστες οι οποίες παρατηρούνται κάποιες φορές δε δείχνουν να είναι θέμα προστασίας του χώρου ή της ιδιοκτησίας, αλλά υποστηρίζεται πως πραγματοποιούνται στα πλαίσια του ελέγχου της οργάνωσης της εργασίας.

Μία πιο πρόσφατη έρευνα εστίασε στις δυσκολίες στην πρόσβαση απομακρυσμένων σημείων πάνω στη διαδραστική επιφάνεια πολλών χρηστών οι οποίες αντιμετωπίστηκαν ως ευκαιρίες για θετική αλληλεπίδραση μεταξύ τους (Goh et al., 2012). Δηλαδή, προκλήθηκε η σκόπιμη τοποθέτηση στοιχείων που ήταν αναγκαία για κάποιον χρήστη εγγύτερα στην περιοχή ενός άλλου με σκοπό να δημιουργηθούν ευκαιρίες για θετική αλληλεπίδραση. Διάσπαρτα καταναμημένα αντικείμενα τοποθετήθηκαν έτσι για την επιβολή της συνεργασίας. Τα σημεία αυτά έπρεπε να τα αγγίζουν ταυτόχρονα δύο και πάνω χρήστες για να πραγματοποιηθεί κάποιο επιθυμητό συμβάν. Η χρήση των παραπάνω σημείων επεκτάθηκε ώστε να δίνεται ή να αφαιρείται η διαθεσιμότητα ενός αντικειμένου ή μιας επιθυμητής ιδιότητας ταυτόχρονα σε όλους τους συμμετέχοντες. Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε παιδιά ηλικίας 11-16 ετών παρείχε ενδείξεις για τη θετική ανάδειξη δεξιοτήτων όπως διαχείριση συγκρούσεων,

διαπραγμάτευση, διατήρηση σειράς, προσωπική ευθύνη μέσα από δραστηριότητες πάνω σε μία διαδραστική επιφάνεια πολλών χρηστών (Goh et al., 2012).

Πέντε μελέτες εστίασαν στην καλλιέργεια κοινωνικών δεξιοτήτων κατά τη χρήση των διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών. Σε μία ενδιαφέρουσα διετή έρευνα χρησιμοποιήθηκαν διαδραστικά τραπέζια για τη μελέτη του κατά πόσο αυτά ενισχύουν την πρόσωπο με πρόσωπο συνεργασία μεταξύ αντιτιθέμενων ατόμων, τη διαπραγμάτευση μεταξύ τους και την κοινή δημιουργία μιας αφήγησης έτσι ώστε να διευκολυνθεί η αλλαγή των ατομικών στάσεων και ίσως η συμφιλίωση (Stock et al., 2008; Zancanaro et al., 2012). Η συγκεκριμένη μελέτη έγινε σε μικτές ομάδες αποτελούμενες από Μουσουλμάνους Παλαιστίνιους και Εβραίους Ισραηλινούς εφήβους και εμφάνισε θετικά αποτελέσματα. Στην έρευνα επιλέχθηκε εξ αρχής να τονιστούν συγκεκριμένα βασικά σημεία της διαφωνίας μεταξύ των μελών κάθε ομάδας ρητά, παρά να αφεθούν να γίνουν αντιληπτά ως ασαφώς αντιτιθέμενα συναισθήματα. Στόχος ήταν η επίτευξη μιας αποδεκτής αφήγησης εντός των ομάδων από αμφότερες τις πλευρές η οποία μάλιστα θα μπορούσε να τύχει και ιδιαίτερης προβολής σε τοπικά τηλεοπτικά μέσα. Άρα, θα έπρεπε να είναι πολύ προσεκτικός κανείς ώστε να μην «προδώσει» τις πάγιες θέσεις της ιδιαίτερης εθνικής-θρησκευτικής του καταγωγής. Για την ανάπτυξη της κοινής αφήγησης δημιουργήθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν πολυμεσικά στοιχεία (εικόνα, βίντεο, ήχος, κείμενο και συνδυασμός τους) τα οποία μπορούσαν να δημιουργηθούν είτε ατομικά, είτε από κοινού, αλλά να διαγραφούν μόνο από κοινού. Ένα κρίσιμο στοιχείο της διάδρασης αυτής ήταν η δυνατότητα έκφρασης και διαπραγμάτευσης της διαφωνίας ανά πάσα στιγμή και με τρόπο απτό. Πάνω στο διαδραστικό τραπέζι και τοποθετημένα γύρω από τα πολυμεσικά στοιχεία της αφήγησης στα οποία υπήρχε διαφωνία, υπήρχε μια ετικέτα ως γραφική ένδειξη της διαφωνίας (point of disagreement). Μόλις μια τέτοια ετικέτα τοποθετείται, η ομάδα δεν μπορούσε να ολοκληρώσει την ιστορία (το κουμπί "Τέλος" αυτόματα γινόταν ανενεργό). Τα πολυμεσικά στοιχεία στα οποία υπήρχε διαφωνία λειτουργούσαν ως προτάσεις για εναλλακτικές συνθέσεις ή ως προτάσεις για άρση του αδιεξόδου και, στην ουσία, στο σημείο αυτό γινόταν η κύρια διαπραγμάτευση. Για τη μέτρηση και σύγκριση της αποτελεσματικότητας του συστήματος χρησιμοποιήθηκαν ομάδες ελέγχου (μικτές από τον ίδιο πληθυσμό) που δε χρησιμοποίησαν διαδραστικά τραπέζια και αυτή τη δυνατότητα ένδειξης διαφωνιών, αλλά έναν απλό υπολογιστή εφοδιασμένο με κατάλληλο λογισμικό δημιουργίας παρουσιάσεων. Η έλλειψη κοινών λειτουργιών (π.χ. σημεία διαφωνίας) ήταν η βασική διαφορά ανάμεσα στα δύο περιβάλλοντα. Κάποιοι συμμετέχοντες εξέφρασαν την ανησυχία ότι αυτές οι ετικέτες αποτελούσαν μία ένδειξη, ένα σήμα που είναι προσβλητικό ή επιθετικό προς το άλλο μέλος (Stock et al., 2008). Ωστόσο, οι ερευνητές παρατήρησαν πως

γενικά οι χρήστες των διαδραστικών τραπεζιών εξέφρασαν μια γενική ικανοποίηση (και μερικές φορές ακόμη και έκπληξη) για την εκμάθηση περισσότερων στοιχείων για τις απόψεις των μελών της άλλης εθνικότητας-θρησκείας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, κάποιοι συμμετέχοντες παραδέχθηκαν ρητά ότι κάποιες στερεότυπες απόψεις τους για την «άλλη» πλευρά ήταν λανθασμένες. Ωστόσο, υπήρχαν κάποιοι συμμετέχοντες που υποστήριξαν πως το αποτέλεσμα αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί και χωρίς τη χρήση της τεχνολογίας. Η άποψη των συμμετεχόντων για το μέλλον μιας κοινής συνεργασίας μεταξύ Παλαιστινίων και Ισραηλινών αναφέρθηκε πως τροποποιήθηκε θετικά σε μεγαλύτερο βαθμό στις ομάδες που χρησιμοποίησαν τα διαδραστικά τραπέζια, γεγονός που αποδόθηκε στην κοινή χρήση των ετικετών διαφωνίας (points of disagreement), στις κοινές συνεργατικές κινήσεις/χειρονομίες και στη διαπραγμάτευση για την άρση των εμποδίων αυτών (Zancanaro et al., 2012).

Τα θετικά πορίσματα στον τομέα αυτό επιβεβαιώθηκαν πιο πρόσφατα (Ιωαννου & Antoniou, 2016, 2017) σε έρευνα που ενέταξε για διάστημα τριών εβδομάδων σε διάφορες παιγνιώδεις δραστηριότητες μαθητές που είχαν συγκρουστεί μεταξύ τους.

Η βιβλιογραφική επισκόπηση σχετικά με την εκπαιδευτική χρήση διαδραστικών τραπεζιών πολλών χρηστών αναδεικνύει μερικά ερωτήματα που ήταν και συνεχίζουν να είναι χρήσιμο να απαντηθούν από τη μελλοντική έρευνα, ειδικά στο είδος της συνεργασίας και της επικοινωνίας των χρηστών:

- Αλλάζει η επικοινωνιακή συμπεριφορά του χρήστη στη δεύτερη, τρίτη, κοκ επαφή του με τις επιφάνειες αυτές; Επηρεάζεται η συμπεριφορά των χρηστών σε ένα νέο σύστημα από τη νεωτερικότητα του ίδιου του συστήματος (Rogers, Scaife, Gabrielli, Smith, & Harris, 2002); Είναι δυνατόν να επέλθει ρουτίνα στην επικοινωνία αυτή; Παίζει τέτοιο ρόλο το halo affect που με την παρέλευσή του τα θετικά οφέλη στη διάδραση να εξανεμίζονται (Schneider, 2012; Schneider, Strait, et al., 2012);
- Τι ρόλο διαδραματίζει το περιεχόμενο της δραστηριότητας σε αυτήν την διάδραση μεταξύ των χρηστών; Ισχύουν οι ίδιοι μηχανισμοί για όλους τους τύπους δραστηριοτήτων; Για παράδειγμα, παίζει ρόλο το αν μια συγκεκριμένη δραστηριότητα δεν είναι ενταγμένη στο σχολικό αναλυτικό πρόγραμμα;
- Έχει σημασία αν πραγματοποιείται η διεξαγωγή των δραστηριοτήτων σε ένα σχολικό ή πιο «ανεπίσημο» (informal) περιβάλλον μάθησης (όπως για παράδειγμα, σε ένα μουσείο);
- Είναι καθοριστικός ο αριθμός και η σύνθεση των ομάδων (φύλο, ηλικία, σχολική επίδοση);

- Με ποιους τρόπους μπορεί να ενισχυθεί ένας συγκεκριμένος μηχανισμός στη διάδραση αυτή; Με ποιους κανόνες, σε ποιο πλαίσιο και μέσα σε ποιο διδακτικό περιεχόμενο;
- Πώς ακριβώς συνδέεται η επικοινωνία, με τη συνεργασία και πώς η συνεργασία συνδέεται με τα μαθησιακά αποτελέσματα, βραχυπρόθεσμα, μεσοπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα;

3.3.3 Εκπαιδευτικό πλαίσιο και μαθησιακά αποτελέσματα

Ένα σημαντικό θέμα που αναδεικνύεται είναι ο ρόλος του εκπαιδευτικού στη διάδραση με την ομάδα (Higgins et al., 2011). Η πρώτη προσπάθεια κωδικοποίησης ενός πλαισίου σχεδίασης εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων σε ένα διαδραστικό τραπέζι πολλών χρηστών κατέληξε σε κάποιες βασικές κατευθύνσεις για το είδος της διδασκαλίας που απαιτείται (Kharrufa et al., 2010). Τα συμπεράσματα προέκυψαν μετά από την παρατήρηση 22 μαθημάτων που πραγματοποιήθηκαν σε μαθητές Δημοτικού. Συνοπτικά, οι κατευθύνσεις ήταν οι εξής:

- Δομημένες δραστηριότητες στην τάξη. Η διαίρεση ενός μεγάλου έργου σε επιμέρους απλούστερες εργασίες επιτρέπει την κλιμάκωση και την ανατροφοδότηση με συνεχή τρόπο, παρέχει χώρο για αναστοχασμό και βοηθά στην παροχή διαφορετικών οπτικών για το ίδιο πρόβλημα. Είναι επίσης σημαντικό να παρέχονται σαφείς οδηγίες και ανάλυση στις απαιτήσεις του συνολικού έργου και του κάθε σταδίου ξεχωριστά.
- Ενθάρρυνση της εξωτερίκευσης των ιδεών και των σκέψεων των εκπαιδευόμενων.
- Είναι απαραίτητη η ανατροφοδότηση ώστε να ενθαρρύνει τους μαθητές να αξιολογήσουν τη στρατηγική και την πρόοδό τους, να εντοπίσουν τα λάθη τους και σε ορισμένες περιπτώσεις να σκεφτούν πιθανές εναλλακτικές λύσεις.
- Ισορροπία μεταξύ της παράλληλης αλληλεπίδρασης, της ατομικής χρήσης, και της επιβολής της συνεργασίας. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα που μπορεί να εκμεταλλευτεί κανείς είναι η δυνατότητα εναλλαγής μεταξύ αυτών των τρόπων λειτουργίας.
- Ταυτόχρονη υποστήριξη μιας αφηρημένης καταγραφής των γεγονότων, αλλά και απλής καταγραφής γεγονότων που μπορούν να χαρακτηρισθούν και να σημανθούν για μελλοντική αναφορά μέσα στην πορεία διεξαγωγής μιας δραστηριότητας.
- Σχεδιασμός για διαφορετικά επίπεδα ικανοτήτων (Kharrufa et al., 2010; Yuill & Rogers, 2012).

Δοκιμάστηκε με επιτυχία η χρήση επιμέρους στόχων των οποίων η ταχεία επίτευξη απαιτούσε ταυτόχρονες και σωστά συνδυασμένες ενέργειες από όλους τους χρήστες (Goh et al., 2012). Ταυτόχρονα, δοκιμάστηκε μια εσκεμμένη καθυστέρηση του συστήματος, για μια πιο αργή

διαδικασία υλοποίησης εφόσον μια μερική λύση προερχόταν από ένα υποσύνολο της ομάδας και όχι από ολόκληρη την ομάδα.

Άλλοι ερευνητές επισημαίνουν πως ακόμα και η διάταξη των διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών στην τάξη μπορεί να επηρεάσει τη συνεργασία, και ότι αν ο δάσκαλος προβάλλει περιεχόμενο από τις επιφάνειες των μαθητών σε έναν κοινόχρηστο διαδραστικό πίνακα για συζήτηση με όλη την ομάδα μπορεί να διευκολυνθεί η πρόοδος εντός των ομάδων (Mercier, Higgins, Burd, & McNaughton, 2012). Ειδικά για αυτό το θέμα, διεξήχθησαν συγκριτικές μελέτες σχετικά με τον προσανατολισμό των διαδραστικών τραπεζιών (η κατεύθυνσή τους ήταν είτε προς το κέντρο της αίθουσας είτε προς έναν κατακόρυφο διαδραστικό πίνακα). Τα αποτελέσματα της ίδιας έρευνας έδειξαν πως οι ομάδες οι οποίες δούλεψαν σε διαδραστικές επιφάνειες στραμμένες προς το κέντρο της αίθουσας έκαναν περισσότερες συζητήσεις επί του θέματος, ωστόσο τα αποτελέσματα τους στη διεξαγωγή της δραστηριότητας ήταν χειρότερα από τις ομάδες που χρησιμοποίησαν διαδραστικά τραπέζια στραμμένα προς έναν οριζόντιο διαδραστικό πίνακα (στον οποίο συνήθως βρισκόταν ο δάσκαλος). Τα πορίσματα αυτά επιβεβαιώθηκαν και σε μεταγενέστερη έρευνα (Mercier et al., 2016). Σημειώνεται πως το παραπάνω συμπέρασμα είχε ληφθεί σοβαρά υπόψη στον σχεδιασμό από τον συγγραφέα του φυσικού χώρου που περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 1. Η απόφαση που λήφθηκε ήταν τα διαδραστικά τραπέζια να είναι στραμμένα προς το κέντρο της αίθουσας χωρίς να επιδιώκεται η άμεση οπτική επαφή με μία κατακόρυφη διαδραστική επιφάνεια. Ο στόχος ήταν να διατηρείται η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη επικοινωνία και διαπραγμάτευση μεταξύ των μελών μιας ομάδας.

Οι Mercier, Higgins, Burd, & McNaughton (2012) συμπέραναν, γενικά, πως οι διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών επιτρέπουν την εύκολη ροή στη διαχείριση των δραστηριοτήτων, δίνοντας στον δάσκαλο περισσότερο έλεγχο στη διανομή του περιεχομένου και στην προβολή του στις ομάδες και την τάξη συνολικά (Mercier et al., 2012). Μέλος της ίδιας ερευνητικής ομάδας τονίζει τη σημασία της δημιουργίας εργαλείων που επιτρέπουν στους εκπαιδευτικούς να αλλάζουν το επίπεδο δυσκολίας μιας εργασίας και να κινούνται μεταξύ δραστηριοτήτων μιας μικρής ομάδας και ολόκληρης της τάξης, έτσι ώστε να αξιοποιούν πλήρως όλα τα διαθέσιμα τεχνολογικά εργαλεία (Mercier, 2016). Η προσαρμογή των δραστηριοτήτων εξασφαλίζει τη δυνατότητα στους μαθητές να παραμένουν σε εγρήγορση και να μη δυσανασχετούν με ένα έργο που είναι πολύ εύκολο ή με δυσκολίες που δεν ξέρουν πώς να ξεπεράσουν. Το ενδιαφέρον χαρακτηριστικό της έρευνας ήταν η χρήση διαδραστικού πίνακα,

tablet και διαδραστικών τραπεζιών κατά την ίδια διδακτική περίοδο για την υποβοήθηση του έργου των μαθητών.

Πολύ πρόσφατα, συγκρίθηκαν οι αλληλεπιδράσεις ομάδων μαθητών ηλικίας 10 έως 11 ετών οι οποίοι συνεργάστηκαν για την επίλυση τριών μαθηματικών προβλημάτων χρησιμοποιώντας είτε διαδραστική επιφάνεια πολλών χρηστών είτε απλό χαρτί (Mercier et al., 2017). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι απαντήσεις των μαθητών σε ιδέες που έθιξαν άλλοι μαθητές στην κατάσταση χρήσης του διαδραστικού τραπεζιού ήταν πιο πιθανό να προέρχονται από επεξεργασία ή συνδυασμό ιδεών των συνεργατών τους από ότι στην κατάσταση χρήσης του απλού χαρτιού. Ο χρόνος διεξαγωγής των δραστηριοτήτων ήταν κοντινός στις δύο συνθήκες. Όμως, οι αρχικές στρατηγικές που χρησιμοποίησαν οι μαθητές διέφεραν μεταξύ των συνθηκών, με τους μαθητές στην κατάσταση χρήσης του διαδραστικού τραπεζιού να κατανέμουν τα ψηφιακά αντικείμενα στην επιφάνεια του τραπεζιού για να τα βλέπουν όλοι και, στη συνέχεια, να διαβάζουν δυνατά τις ενδείξεις σε όλες τις δραστηριότητες εκτός από μία. Αντίθετα, οι μαθητές που χρησιμοποίησαν χαρτί διαμοίρασαν τα στοιχεία μεταξύ τους και τα διάβασαν ο καθένας δυνατά στην ομάδα, χωρίς όμως να έχουν την ευκαιρία για κοινή ανάγνωση. Αυτό δείχνει ότι οι περιορισμοί του υλικού στις δύο συνθήκες είχαν άμεση επίδραση στον τρόπο αλληλεπίδρασης των μαθητών.

Οι Dillenbourg & Evans (2011) κατέγραψαν επιπλέον σημεία που θα πρέπει να είναι εν γνώσει του διδάσκοντα όταν χρησιμοποιεί οριζόντιες διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών (Dillenbourg & Evans, 2011):

- Αν η επίλυση ενός προβλήματος απαιτεί πολλαπλά επίπεδα απεικόνισης, οι διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών είναι λιγότερο κατάλληλες σε σχέση με έναν απλό υπολογιστή (αν και μπορούν να υπάρξουν παραπάνω βοηθητικές οθόνες).
- Το περιβάλλον της διαδραστικής επιφάνειας προσφέρει κυρίως οπτική ανατροφοδότηση. Μπορεί να εμπλουτιστεί βεβαίως με ήχο αλλά αυτό μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα (θόρυβος στην τάξη). Η χρήση των πολυμεσικών στοιχείων μπορεί να παρέχει επίσης απτική ανάδραση (πχ. ο χρήστης αισθάνεται ότι το αντικείμενο Α έχει έρθει σε επαφή με το αντικείμενο Β). Νέες τεχνικές παρέχουν απτική ανάδραση με δόνηση, δημιουργώντας έτσι την ψευδαίσθηση της τριβής.
- Σε κάθε εκπαιδευτική τεχνολογία, έτσι και εδώ, πρέπει να διαχωριστούν δύο επίπεδα ανατροφοδότησης: η μη διδακτική αντίδραση στις ενέργειες του χρήστη (για παράδειγμα, η εμφάνιση του αποτελέσματος μιας ενέργειας) και η διδακτική αξιολόγηση των απαντήσεων του χρήστη. Ενώ η άμεση μη-διδακτική ανατροφοδότηση

είναι θεμιτή, η αξιολόγηση δεν πρέπει να είναι πάντα άμεση. Η υιοθέτηση της επιλογής μεταξύ της άμεσης ανατροφοδότησης, η οποία μπορεί να εμποδίσει τον δημιουργικό προβληματισμό, και της καθυστερημένης ανατροφοδότησης, αντανakλούν τις θεωρητικές επιλογές του διδάσκοντα.

- Υπάρχει ανάγκη για δραστηριότητες που απαιτούν μεγαλύτερο επίπεδο πρόβλεψης, αναλύσεις, συγκρίσεις και βαθύτερα επίπεδα στοχασμού. Ως εκ τούτου, οι διδάσκοντες μπορούν να χρησιμοποιήσουν μια βοηθητική οθόνη, συχνά κατακόρυφη, στην οποία οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να δουν μια διαφορετική αναπαράσταση της δουλειάς τους.
- Οι διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών είναι πιο κατάλληλες για εργασίες που απαιτούν γρήγορες κινήσεις προς έναν στόχο ή για τη σύζευξη μεταξύ δεδομένων εισόδου και εξόδου.
- Παιδαγωγικά, ένα από τα ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπιστεί είναι το κατά πόσο είναι σημαντική η απόλυτη ή σχετική χαρτογράφηση της κίνησης του χρήστη προς τη μάθηση. Για τους νέους ή αρχάριους μαθητές, η πλήρης χαρτογράφηση μπορεί να είναι σημαντική, δεδομένου ότι αποκτούν καινούριες γνώσεις ή δεξιότητες. Ιδιαίτερα για τους μικρούς μαθητές, μπορεί να υπάρχουν αναπτυξιακοί λόγοι υπέρ της επιλογής αυτής.
- Όταν η εργασία είναι υπερβολικά περίπλοκη ή όταν ο αριθμός των χρηστών είναι πολύ μεγάλος, πρέπει να επιτρέπεται στους χρήστες να δουλεύουν σε διαφορετικές υπο-επιφάνειες στο χώρο εργασίας (για παράδειγμα, με ατομικά tablets οι χρήστες μπορούν να δοκιμάσουν λύσεις πριν κάνουν την πρότασή τους στην ομάδα). Η παρατήρηση αυτή, επίσης, λήφθηκε σοβαρά υπόψη στον σχεδιασμό της αίθουσας που περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 1.
- Πρέπει το περιβάλλον να εκμεταλλεύεται παιδαγωγικά τη διαφορά μεταξύ των ατομικών προσεγγίσεων για την επίλυση μιας κοινωνικο-γνωστικής σύγκρουσης. Όταν τα παιδιά εργάζονται γύρω από ένα κοινό πεδίο εργασίας με ψηφιακά αντικείμενα που συνεχώς φαίνονται διαφορετικά για κάθε χρήστη προκύπτει η ανάγκη αυτά να μετατίθενται διαρκώς. Οι ερευνητές θέτουν το ερώτημα αν μπορεί το χαρακτηριστικό αυτό να γίνει μέρος της διαδικασίας μάθησης δυνητικά.
- Η αναγνώριση και ταυτοποίηση των ενεργειών των χρηστών δεν είναι πάντα απαραίτητες σε ψηφιακά συστήματα συνεργατικής μάθησης, αλλά, αν αυτό απαιτείται, οι διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών μπορεί να μην είναι η καλύτερη επιλογή ως εκπαιδευτική τεχνολογία.

- Ένα ενδιαφέρον χαρακτηριστικό των διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών είναι ότι όλοι οι χρήστες αντιλαμβάνονται τις κινήσεις των υπολοίπων. Συνήθως, αυτό συμβαίνει στην αφετηρία της διεπαφής κι όχι όταν αυτή έχει ολοκληρωθεί. Μερικές φορές η χειρονομία πάνω στη διαδραστική επιφάνεια διακόπτεται από κάποιον άλλο εκπαιδευόμενο, με αποτέλεσμα η συνεργασία να κατατάσσεται σε ένα πιο «ανεπίσημο» επίπεδο. Ενώ η έρευνα πάνω στις ψηφιακές μορφές συνεργατικής μάθησης προσπάθησε να παρέχει στους χρήστες την επίγνωση του τι κάνουν και πως συμπεριφέρονται οι άλλοι χρήστες, η προσωπική επαφή παρέχει εδώ με φυσικό τρόπο, πλέον, αυτήν τη συνειδητοποίηση.
- Πρέπει να λυθούν ζητήματα όπως το πώς ενσωματώνεται η δραστηριότητα στη διαδραστική επιφάνεια πολλών χρηστών μέσα στη γενικότερη αλληλουχία μαθησιακών δραστηριοτήτων και τι υπάρχει πριν και μετά από αυτήν (εισαγωγικές διαλέξεις, αναγνώσεις, μια περιγραφή από το δάσκαλο).
- Θα πρέπει ο εκπαιδευτικός να αναθέτει διαφορετικά προβλήματα σε κάθε ομάδα προς αποφυγή λογοκλοπής, ή, αντιθέτως, να τους δίνει το ίδιο πρόβλημα και, στη συνέχεια, να προωθεί και να επιδιώκει τη συνεργασία και/ή τον ανταγωνισμό μέσα στην ομάδα ή ανάμεσα σε διαφορετικές ομάδες.
- Η εγκατάσταση αρκετών διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών στον ίδιο χώρο διαιρεί την αίθουσα σε μικρότερους υπο-χώρους. Αυτοί οι υπο-χώροι μπορούν να δικτυωθούν ώστε να δημιουργήσουν εκπαιδευτικά σενάρια. Σημαντικό ρόλο παίζει ο τρόπος που είναι τοποθετημένες χωροταξικά οι επιφάνειες έτσι ώστε ο εκπαιδευτικός να έχει πλήρη αντίληψη του τι γίνεται στην αίθουσα ανά πάσα στιγμή. Στην περίπτωση της αίθουσας που περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 1 επιλέχτηκε τέτοια διάταξη των τραπεζιών που μπορεί και επιτρέπει τη χρήση ενός συγκεκριμένου σημείου έκτασης περίπου ενός τετραγωνικού μέτρου στον εκπαιδευτικό με τον πλήρη εποπτικό έλεγχο της εργασίας στα πέντε διαδραστικά τραπέζια.
- Είναι δυνατή η ανάθεση ρόλων σε μαθητές. Οι ρόλοι μπορεί να είναι πιο «γενικοί», όπως αυτός που προτείνει, ο επικριτής, αυτός που κάνει την περίληψη, ή ρόλοι ειδικού σκοπού.
- Στις διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών τα λάθη του χρήστη γίνονται δημοσίως ορατά. Το να γίνεται ένα λάθος δημόσια ορατό, είναι ένα ευαίσθητο θέμα αρκετά πολιτισμικά πλαίσια και απαιτεί προσοχή.

Ειδικά για το ζήτημα της διαφορετικής κουλτούρας, μία ενδιαφέρουσα έρευνα έριξε φως στους διαφορετικούς τύπους διάδρασης που καταγράφονται από μαθητές σε τρεις χώρες (Ινδία,

Ηνωμένο Βασίλειο και Φινλανδία) (Jamil et al., 2017). Τα παιδιά στην Ινδία χρησιμοποιούν μια δυναμική τοποθέτηση με συχνή φυσική επαφή και ταυτόχρονη κίνηση αντικειμένων. Τα παιδιά στο Ηνωμένο Βασίλειο τείνουν να προτιμούν μια στατική τοποθέτησή τους γύρω από τα διαδραστικά τραπέζια με ελάχιστη φυσική επαφή και ταυτόχρονη κίνηση αντικειμένων. Τα παιδιά στη Φινλανδία χρησιμοποιούν ένα μίγμα δυναμικής και στατικής θέσης με ελάχιστη φυσική επαφή και κίνηση αντικειμένων.

Οι εκπαιδευτικοί, γενικά, έχουν να αντιμετωπίσουν πολλά εμπόδια και περιορισμούς: συνάφεια γνώσεων και εμπειρίας, καλή κατανομή του χρόνου, του χώρου και ασφάλεια των μαθητών (Dillenbourg & Evans, 2011). Η κατανόηση της σχέσης μεταξύ του σχεδιασμού των ψηφιακών συστημάτων συνεργατικής μάθησης και της διαχείρισης των εν λόγω περιορισμών είναι αυτό που ονομάζεται «χρηστικότητα σε επίπεδο τάξης».

Σε ότι αφορά το ενδιαφέρον θέμα της άμεσης ανατροφοδότησης του εκπαιδευτικού κατά τη διάρκεια διεξαγωγής μιας δραστηριότητας και της αξιολόγησης μιας ομάδας αρχίζουν να αναπτύσσονται επιτυχημένες πρακτικές εφαρμογές για τον διδάσκοντα αλλά και τον ερευνητή (AlAgha, Hatch, Ma, & Burd, 2010; Maldonado, Dimitriadis, Kay, Yacef, & Edbauer, 2012; Maldonado, Kay, Yacef, & Schwendimann, 2012; Tang, Pahud, Carpendale, & Buxton, 2010). Ως τώρα αυτές εστιάζουν αφενός στη γενική απεικόνιση σε επίπεδο τάξης και, αφετέρου, σε λεπτομέρειες για τη λειτουργία κάθε ομάδας με σκοπό την ανίχνευση των περιπτώσεων στις οποίες ομάδες αντιμετώπισαν προβλήματα κατά τη συνεργασία (Maldonado, Dimitriadis, et al., 2012; Maldonado, Kay, et al., 2012). Το επίπεδο της τάξης χρησιμοποιείται ως εργαλείο λήψης αποφάσεων για να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να προγραμματίσουν άμεσα τις γενικές παρεμβάσεις τους. Το λεπτομερέστερο επίπεδο που αφορά στην πορεία των ομάδων ξεχωριστά, περιλαμβάνει χρονολογική αναπαράσταση πληροφοριών (εξέλιξη της δραστηριότητας, ρυθμός των αλληλεπιδράσεων με αντικείμενα, λεκτική συμμετοχή, φυσική συμμετοχή) που θεωρούνται ως ένα βαθμό αποτελεσματικές για την αξιολόγηση της προόδου των εργασιών και είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν αξιολογικά μετά το μάθημα από το διδάσκοντα. Επιπλέον, οι εφαρμογές αυτές εστιάζουν στην ορθή αναπαράσταση των δεδομένων χρήσης των διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών (Tang et al., 2010). Η γνώμη εκπαιδευτικών και εκπαιδευόμενων σχετικά με τη χρησιμότητα, την ευκολία στη σημείωση σημαντικών γεγονότων κατά τη διεξαγωγή μιας δραστηριότητας, τη διευκόλυνση κατανόησης δύσκολων εννοιών και την απομνημόνευση εννοιών καταγράφεται από θετική έως πολύ θετική (Jalal & Tenney, 2014). Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε στον χώρο της Τριτοβάθμιας εκπαίδευσης και αφορούσε στη χρήση του διαδραστικού τραπεζιού SMART™.

Έχει ακόμα αναφερθεί πως η σύσταση, η αλληλεπίδρασή των ομάδων σε μια διαδραστική επιφάνεια πολλών χρηστών και οι κοινωνικές αλληλεπιδράσεις που λαμβάνουν χώρα είναι δυνατόν να είναι αρκετά διαφορετικές σε εργαστηριακές συνθήκες από τη λειτουργία σε πραγματικές συνθήκες (Marshall, Morris, Rogers, Kreitmayer, & Davies, 2011). Αυτό το συμπέρασμα είναι ιδιαίτερα χρήσιμο μια και οι περισσότερες έρευνες δεν λαμβάνουν υπόψη τους το φυσικό χώρο και χρόνο που διεξάγονται οι εμπειρικές μελέτες. Ο παράγοντας χρόνος λήφθηκε πολύ σοβαρά υπόψη στα Κεφάλαια 2 και 4, έτσι ώστε οι μαθητές να είναι ήδη αρκετά εξοικειωμένοι με τη χρήση των τεχνολογιών και του χώρου για να καταγραφούν όσο το δυνατόν πιο αντικειμενικά αποτελέσματα.

Καταγεγραμμένες έρευνες κάνουν χρήση των διαδραστικών συστημάτων πολλών χρηστών σε πληθώρα γνωστικών πεδίων στην εκπαίδευση όπως μαθηματικά (Evans, Drechsel, Woods, & Cui, 2010; Hatch, Higgins, Joyce-Gibbons, & Mercier, 2011; Ladel & Kortenkamp, 2013; Mercier & Higgins, 2013; Rick et al., 2011; Rick, Rogers, Haig, & Yuill, 2009), φωνολογία (Butler, McGivern, Artmann, & Morgan, 2010; McGivern, Morgan, & Butler, 2012), πληροφορική (Basheri, Burd, & Baghaei, 2012; Conradi et al., 2011; Raab, 2011), ρομποτική (Salehi, Schneider, & Blikstein, 2012), φυσική (Langner, Brosz, Dachsel, & Carpendale, 2010), βιολογία (Chua et al., 2012; Jamil et al., 2012; Kin et al., 2011; Schneider, 2012; Schneider, Strait, et al., 2012; Shaer et al., 2010; Shaer et al., 2011; Shaer et al., 2012; Valdes et al., 2012), νευροεπιστήμη (Schneider, 2012), ιστορία (Coughlan et al., 2012; Higgins et al., 2012), γεωλογία (Coughlan et al., 2012), μουσική (Fikkert, Hakvoort, Vet, & Nijholt, 2009; Laney et al., 2010; Ning & Zhou, 2010; Xambó, Laney, Dobbryn, & Jordà, 2011), περιβαλλοντική εκπαίδευση (Antle et al., 2011; Goh et al., 2012; Schneider, Tobiasz, Willis, & Shen, 2012), ιατρική εκπαίδευση (Kaschny, Buron, Zadow, & Sostmann, 2010), εικαστικά (Kazi, Chua, Zhao, Davis, & Low, 2011).

Οι διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών έχουν χρησιμοποιηθεί ερευνητικά για τη δημιουργία πολλών και διαφορετικών ειδών εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων και κατάλληλων λογισμικών (με θετικά αποτελέσματα αν και συνήθως με πρώιμες ερευνητικές ενδείξεις για τον περί τούτου ισχυρισμό) όπως για:

- την κοινή δημιουργία παρουσιάσεων (Derboven et al., 2010; Roeck, Derboven, Verstraete, & Geerts, 2010)
- την κατασκευή και διήγηση ιστοριών (Cao, Lindley, Helmes, & Sellen, 2010; Cappelletti, Gelmini, Pianesi, Rossi, & Zancanaro, 2004; Helmes, Cao, Lindley, & Sellen, 2009; Stock et al., 2008; Zancanaro et al., 2012)
- την εκμάθηση κοινωνικών δεξιοτήτων όπως η διαπραγμάτευση (Goh et al., 2012)

- τη δημιουργία εννοιολογικών χαρτών πολλαπλών επιπέδων (Maldonado et al., 2010) με το κάθε επίπεδο να ανήκει σε διαφορετικό χρήστη ή την ταυτόχρονη κατασκευή ενός εννοιολογικού χάρτη ενός επιπέδου από πολλούς χρήστες (Jamil et al., 2012; Maldonado, Kay, et al., 2012; Oppl & Stary, 2011)
- την υποστήριξη της φάσης του καταιγισμού ιδεών (brainstorming) μέσα σε μια ομάδα (Clayphan, Collins, Ackad, Kummerfeld, & Kay, 2011)
- τη δημιουργία timelines και τη χρήση GIS (Beheshti et al., 2012; Valdes et al., 2012; Vishkaie & Levy, 2012)
- τη συνεργατική επισημείωση (annotation) (Qin, Wu, & Shi, 2012)
- την παιγνιοθεραπεία (Pykhtina, Balaam, Pattison, Wood, & Olivier, 2012; Pykhtina, Balaam, Wood, et al., 2012)
- τη συνεργατική ανάκτηση (Wesson et al., 2012) και οπτικοποίηση πληροφοριών (Kristensson et al., 2008; Morris, Lombardo, & Wigdor, 2010; Tuddenham, Davies, & Robinson, 2009)
- τη δημιουργία παζλ από παιδιά που βρίσκονται στο φάσμα του αυτισμού (Battocchi et al., 2009)
- τη συμμετοχή σε παιχνίδια που καλλιεργούν τη φαντασία των παιδιών προσχολικής ηλικίας (Mansor, 2012)
- τη σελιδοποίηση και την τελική επεξεργασία κειμένων σε εφημερίδες (Bergweiler, Deru, & Ndiaye, 2010)
- τη συνεργατική σύνθεση μουσικής (Fikkert et al., 2009; Laney et al., 2010; Xambó et al., 2011)
- τη διαχείριση έκτακτων αναγκών (Chua et al., 2012)
- τη συνεργατική σχεδίαση ρούχων (Yang, Dekker, Muhlberger, & Viller, 2009)
- την επίλυση προβλημάτων και την υποστήριξη λήψης αποφάσεων από παιδιά (Kharrufa et al., 2010; McCrindle et al., 2011)
- την προσομοίωση/μοντελοποίηση μέσω περιβαλλόντων πρακτόρων (agent-based modeling) (Olson & Horn, 2011)
- την υποστήριξη της διδασκαλίας μέσω της έρευνας σε επιστημονικές περιοχές όπου μεγάλα ποσά αφηρημένων πληροφοριών χρειάζονται επεξεργασία (Schneider, 2012; Shaer et al., 2011; Shaer et al., 2012)
- την υποστήριξη εργαστηρίων δημιουργικότητας (Geyer, Klinkhammer, & Reiterer, 2010)
- την παραγωγή σεναρίου για ταινίες (Bartindale, Sheikh, Taylor, Wright, & Olivier, 2012)

- την ενθάρρυνση ψηφιακά αποκλεισμένων ατόμων σχετικά με το πώς να χρησιμοποιήσουν ATM τραπεζών (Carvalho et al., 2012)
- την υποστήριξη στην άσκηση ανθρώπων που έχουν υποστεί εγκεφαλικό, έμφραγμα, εγκεφαλικές βλάβες, κλπ (Annett et al., 2009)
- την ταξινόμηση φωτογραφιών (Anstead, Durrant, Benford, & Kirk, 2012).

Δύο έρευνες αναφέρουν ενδείξεις για άμεση συσχέτιση του μαθησιακού αποτελέσματος με τη συνεργασία ανάμεσα σε μαθητές Δημοτικού γύρω από ένα διαδραστικό τραπέζι πολλών χρηστών.

Η πρώτη έρευνα αφορούσε σε μία δραστηριότητα σχετική με τα μαθηματικά Δημοτικού (Mercier & Higgins, 2013). Τα μέλη της ομάδας ελέγχου χρησιμοποίησαν ατομικά χαρτί και μολύβι, ενώ οι υπόλοιποι μαθητές πραγματοποίησαν ομαδικά τη δραστηριότητα γύρω από ένα διαδραστικό τραπέζι. Εξ αρχής τέθηκαν δύο στόχοι: η ανάπτυξη της ικανότητας των μαθητών στη δημιουργία διαφορετικών αριθμητικών παραστάσεων με το ίδιο αποτέλεσμα και η ανάπτυξη της μαθηματικής ευελιξίας (του ρεπερτορίου, δηλαδή, των μαθητών σε στρατηγικές επίλυσης του συγκεκριμένου προβλήματος ανάπτυξης μαθηματικών παραστάσεων). Αναφέρθηκε πως η ανάπτυξη της ικανότητας των μαθητών επιτεύχθηκε και στις δύο συνθήκες, η ταχύτητα εκτέλεσης των διαδικασιών δε διέφερε ουσιαστικά, ωστόσο, η μαθηματική ευελιξία αναπτύχθηκε σημαντικά περισσότερο στις ομάδες που χρησιμοποίησαν τα διαδραστικά τραπέζια. Ένα σημαντικό σημείο που θα πρέπει να προσέξει κανείς, όμως, είναι πως στη συγκεκριμένη μελέτη τα οφέλη της συνεργασίας γενικά δεν χρησιμοποιήθηκαν προς όφελος των μαθητών που χρησιμοποίησαν χαρτί και μολύβι, μια και εκείνοι δούλεψαν ατομικά. Θα μπορούσε να ισχυριστεί κανείς πως η μεγαλύτερη ευελιξία δεν οφείλεται αποκλειστικά στη χρήση των διαδραστικών τραπεζιών, αλλά στο γεγονός πως οι μαθητές απλά δούλεψαν συνεργατικά.

Στη δεύτερη έρευνα έγινε χρήση σταθμισμένων ομάδων ελέγχου που έκαναν συνεργατική χρήση απλών χαρτιών και μολυβιών (Higgins et al., 2012). Το δείγμα των συμμετεχόντων (32 στο σύνολό τους), ήταν μαθητές 10 και 11 ετών - 16 κορίτσια και 16 αγόρια. Όλοι οι μαθητές χρησιμοποίησαν τη διαδραστική επιφάνεια πολλών χρηστών κατά τη διάρκεια της ημέρας, για τα μαθήματα της Ιστορίας και των Μαθηματικών. Τα παιδιά που χρησιμοποίησαν χαρτί, ήξεραν ότι στην επόμενη δραστηριότητά θα έχουν στη διάθεσή τους διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών (και έτσι αποφεύχθηκαν ζητήματα όπως απογοήτευση και υπερενθousιασμός μια και θα μπορούσαν να επηρεάσουν τα αποτελέσματα). Τα επίπεδα δέσμευσης από τη μεριά των μαθητών και στις δύο συνθήκες (χρήση και μη-χρήση των διαδραστικών τραπεζιών) ήταν

υψηλά. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων και των αρχικών στρατηγικών που εφαρμόστηκαν στις ομάδες συγκριτικά, υποδηλώνει ότι οι μαθητές στις διαδραστικές επιφάνειες ήταν σε θέση να δημιουργήσουν μια κοινή αντίληψη/κατανόηση του ίδιου ζητήματος πιο γρήγορα (κατά 25%) από τις ομάδες που δούλεψαν σε χαρτί (Higgins et al., 2012).

Αντίστοιχα θετικά αποτελέσματα για μικρές ομάδες χρηστών έχουν αναφερθεί και σε έρευνες που διεξήχθησαν σε φοιτητές πανεπιστημίου σχετικά με τα αποτελέσματα της ίδιας συνεργατικής δραστηριότητας με χαρτί/μολύβι και με μια διαδραστική επιφάνεια πολλών χρηστών (Piper & Hollan, 2009; Schneider, Strait, et al., 2012).

Σε μία από αυτές αναφέρθηκαν θετικά αποτελέσματα στην κατανόηση και στην εκλαΐκευση σύνθετων εννοιών από τον κλάδο της βιολογίας και, ειδικότερα, τη φυλογενετική (phylogenetics) (Schneider, Strait, et al., 2012). Τα αποτελέσματά έδειξαν επιπλέον ότι η ισχυρή συνεργασία δρα μεσολαβητικά μεταξύ της κατάστασης χρήσης διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών (ή της μη-χρήσης τους) και της μάθησης. Αντιθέτως, η δέσμευση (engagement) και το γνωστικό φορτίο δεν ενήργησαν αναλόγως. Η ανάλυση έδειξε πως αν εκληφθεί η συνεργασία ως μια εξαρτημένη μεταβλητή, η δέσμευση ενεργεί ως θετικός διαμεσολαβητής για μια αποδοτική συνεργασία (Schneider, Strait, et al., 2012). Αυτό, ενδεχομένως, είναι ένα συμπέρασμα εξαιρετικά σημαντικό που θα πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω. Η συνεργασία οδηγεί σε θετικά μαθησιακά αποτελέσματα, ενώ η μεγαλύτερη δέσμευση πιθανόν σε καλύτερη συνεργασία αν και όχι κατ' ανάγκη σε καλύτερη μάθηση.

Δεκαπέντε έρευνες εστιάζουν στον συνδυασμό των διαδραστικών τραπεζιών με άλλες εκπαιδευτικές τεχνολογίες. Σε μία από τις πρώτες έρευνες που ανοίγει το θέμα της μελέτης της ταυτόχρονης χρήσης διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών και άλλων εκπαιδευτικών τεχνολογιών σε έναν ενιαίο φυσικό χώρο, αναφέρεται πως είναι καλύτερα να διανείμει κανείς τη λειτουργικότητα σε ετερογενείς συσκευές παρά να αναθέτει σε ένα διαδραστικό τραπέζι την παροχή ολιστικής υποστήριξης για όλες τις δραστηριότητες και ενέργειες που θα προκύψουν (Coughlan et al., 2012). Το συμπέρασμα αυτό επίσης λήφθηκε υπόψη στη σχεδίαση της αίθουσας του Κεφαλαίου 1.

Γενικά, το βασικό μειονέκτημα των πρώτων ερευνών είναι πως δεν εστιάζουν πρωτίστως στο παιδαγωγικό πλαίσιο και όφελος από τη συνύπαρξη στον ίδιο χώρο των διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών με τις υπόλοιπες εκπαιδευτικές τεχνολογίες. Κυρίως εξετάζεται το τεχνικό κομμάτι και οι δυσκολίες που ανακύπτουν σε αυτό το πεδίο. Το βασικό ερώτημα του για ποιο λόγο και ποια κενά, ποιες διδακτικές και μαθησιακές ανάγκες είναι δυνατόν να

ικανοποιηθούν έχει τεθεί ελάχιστα στη μέχρι τώρα έρευνα. Επιπλέον, ταυτόχρονη χρήση δύο ή περισσότερων εκπαιδευτικών τεχνολογιών στον ίδιο φυσικό χώρο μάθησης δε σημαίνει κατ' ανάγκη πως αθροίζονται και τα οφέλη τους όπως αυτά περιγράφονται στην ξεχωριστή επιστημονική έρευνα. Είναι δυνατόν να ανοίγονται νέοι δρόμοι, είναι αντίστροφα δυνατόν να δημιουργούνται και νέα σημαντικά προβλήματα.

Η συνύπαρξη των στερεοσκοπικών τρισδιάστατων τεχνολογιών και των διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών σε έναν φυσικό χώρο μάθησης έχει προταθεί τα τελευταία χρόνια. Οι τεχνολογίες πολλών χρηστών χρησιμοποιούνται γενικά για την είσοδο δεδομένων, ενώ η τρισδιάστατη στερεοσκοπική απεικόνιση για την έξοδο. Γίνονται οι πρώτες προσπάθειες να συνδυαστούν οι δύο αυτές τεχνολογίες σε ένα ενιαίο σύστημα (Dalsgaard & Halskov, 2012; Hilliges et al., 2009; Jackson, Schroeder, & Keefe, 2012; Dimitar Valkov, Giesler, & Hinrichs, 2012; Dimitar Valkov, Steinicke, Bruder, & Hinrichs, 2011; D. Valkov et al., 2010), όμως, με τις στερεοσκοπικές τεχνολογίες τα αντικείμενα απεικονίζονται σε διαφορετικά επίπεδα και σημεία και, άρα, ανάλογα με τη θέση του ο κάθε χρήστης βλέπει σε άλλο σημείο το ίδιο αντικείμενο στον χώρο και την τελική προβολή του στη δισδιάστατη διαδραστική επιφάνεια. Έτσι, είναι ιδιαίτερα δύσκολο τεχνικά να εξασφαλιστεί ότι θα αγγίζει κάθε χρήστης το σωστό ψηφιακό αντικείμενο στο σωστό σημείο. Το συγκεκριμένο τεχνικό εμπόδιο είναι το κυριότερο που έχουν να αντιμετωπίσουν οι ερευνητές.

Επιπρόσθετα, ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι τρόποι γεφύρωσης (bridging) των διαδραστικών τεχνολογιών των tablets με εκείνες των διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών (Bachl, Tomitsch, Kappel, & Grechenig, 2011; Mercier et al., 2017; S. Scott, McClelland, & Besacier, 2012). Κύριος σκοπός φαίνεται να είναι η εκμετάλλευση της ατομικής προβολής των αντικειμένων στα tablets, η ατομική επεξεργασία των αντικειμένων αυτών και η μεταφορά της συνεργατικής δραστηριότητας πίσω στα τραπέζια. Στις περιπτώσεις κοινής χρήσης των δύο αυτών εκπαιδευτικών τεχνολογιών παρατηρήθηκε πως προκύπτουν από τους συμμετέχοντες εκπαιδευόμενους κάποιες νέες μέθοδοι συνεργασίας που σίγουρα χρήζουν περαιτέρω μελέτης (Bachl et al., 2011):

- Η πρώτη μέθοδος (team-up) χαρακτηρίζεται από στενή συνεργασία καθ' όλη τη διάρκεια της δραστηριότητας. Οι συμμετέχοντες δουλεύουν παράλληλα μα ελάχιστα ατομικά.
- Η δεύτερη μέθοδος (split-up) είναι ακριβώς το αντίθετο - οι συμμετέχοντες διαμοιράζουν τις ενέργειες και δουλεύουν παράλληλα και ατομικά.

- Η τρίτη μέθοδος (prepare and conquer) διαχωρίζεται σε μια αρχική φάση των παράλληλων ατομικών εργασιών ενώ ακολουθείται από στενή συνεργασία προς το τέλος της δραστηριότητας.
- Η τέταρτη μέθοδος (divide and combine) χαρακτηρίζεται από επαναλαμβανόμενες εναλλαγές μεταξύ στενής και χαλαρής συνεργασίας.

Αντίστοιχη προσπάθεια σχετικά με τη γεφύρωση με κινητές συσκευές αναδεικνύει ενδιαφέρουσες μελλοντικές δυνατότητες για έρευνα (McAdam & Brewster, 2011; Seifert et al., 2012; Valdes et al., 2012; Volda, Tobiasz, Stromer, Isenberg, & Carpendale, 2009; Zhang, Liu, & Shi, 2012).

Φυσικά, δε λείπουν και οι έρευνες που συνδέουν τις διαδραστικές τεχνολογίες πολλών χρηστών με την ταυτόχρονη επικουρική χρήση απλών μη-ψηφιακών μέσων όπως το χαρτί και το μολύβι (Steimle, Khalilbeigi, Muhlhauser, & Hollan, 2010).

3.3.4 Συσχέτιση θεωριών μάθησης με τις διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών

Είναι ελάχιστες οι μελέτες που αναφέρονται στο θεωρητικό υπόβαθρο της μάθησης στα διαδραστικά τραπέζια. Η έρευνα των Harris et al. (2009) είναι μία από αυτές και αναφέρθηκε ήδη παραπάνω. Σε μία άλλη από τις πρώτες σχετικές έρευνες γίνεται προσπάθεια να αναλυθεί η επίδραση των διαδραστικών τραπεζιών στη μάθηση σε τρία διαφορετικά επίπεδα ανταλλαγής και μετασχηματισμού των πληροφοριών μεταξύ των χρηστών των τεχνολογιών αυτών (Morgan & Butler, 2009). Προτείνεται το πρώτο και θεμελιώδες επίπεδο να αναφέρεται στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής δραστηριότητας που με τη σειρά του θα διαμορφώσει τη γνωστική δραστηριότητα των εκπαιδευόμενων. Το επίπεδο αυτό προτείνεται να μελετηθεί με βάση τη θεωρία της εγκαθιδρυμένης νόησης (situated cognition theory) μέσω αυθεντικών (με την έννοια πως προέρχονται από την ίδια την άμεση εμπειρία των εκπαιδευόμενων) αλλά και συνεργατικών δραστηριοτήτων.

Το δεύτερο επίπεδο σχετίζεται με τον κοινό ψηφιακό χώρο εργασίας. Εδώ προτείνεται η χρήση της θεωρίας της κατανεμημένης νόησης που επικεντρώνεται στο φαινόμενο ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες σχεδόν πάντα συνεπικουρούνται από μια ποικιλία τεχνημάτων. Ένας κοινός ψηφιακός χώρος εργασίας αποτελεί ένα εργαλείο μιας τέτοιας διαμεσολάβησης, μια και παρέχει μια διαρκή αναπαράσταση της τρέχουσας κατάστασης σε μια ραγδαία εξελισσόμενη λύση ενός κοινού προβλήματος. Στόχος είναι να μπορεί να διευκολυνθεί η ροή πληροφοριών μεταξύ των συνεργατών καθώς και η διατήρηση ενός ρυθμού στη μετάδοσή τους. Ωστόσο, κατά την εξέταση της κατανεμημένης φύσης της γνώσης που λαμβάνει χώρα όταν μια ομάδα

από χρήστες αλληλεπιδρούν, δεν είναι μόνο η αναπαράσταση των πληροφοριών που διαμορφώνει τη γνωστική δραστηριότητα, αλλά και η λειτουργία των διαθέσιμων εργαλείων και δομών που τελούν υπό τον έλεγχο της συνεργατικής διαδικασίας. Τα εργαλεία αυτά (εν προκειμένω, όσα παρέχονται από τη διαδραστική επιφάνεια πολλών χρηστών) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διαίρεση μιας ενιαίας δράσης σε επιμέρους καθήκοντα, για την ανάθεση δηλαδή του ρόλου κάθε ατόμου μέσα σε μια κοινή δραστηριότητα καθώς και για τον συντονισμό των ενεργειών τους.

Το τρίτο επίπεδο, κατά τους Morgan & Butler (2009), μπορεί να θεωρηθεί ως το επίπεδο του διαλόγου και της συνεργασίας. Όλες οι ενέργειες εντάσσονται εκεί μέσα στο κοινωνικό πλαίσιο χρήσης της γλώσσας που τέθηκε από τον Vygotsky σχετικά με την ανάπτυξη της νόησης.

Μια μεταγενέστερη έρευνα προσπάθησε μέχρι κάποιο βαθμό να ρίξει φως στο ζήτημα της σχεδίασης των εκπαιδευτικών εφαρμογών σε διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών μέσα από το πρίσμα τεσσάρων θεωρητικών προσεγγίσεων: βιωματική μάθηση, κονστρουκτιβισμός, συνεργατική μάθηση και θεωρία παιγνίων (Antle et al., 2011). Στα πλαίσια της συγκεκριμένης έρευνας δημιουργήθηκε ένα εκπαιδευτικό παιχνίδι (Futura: The Sustainable Futures Game) που έχει ως στόχο να συνεργαστεί κανείς με άλλους παίκτες για να υποστηρίξει τον αυξανόμενο ανθρώπινο πληθυσμό και, καθώς ο νοητός χρόνος περνά, να ελαχιστοποιεί τις επιπτώσεις πάνω στο περιβάλλον. Τα στοιχεία του συγκεκριμένου παιχνιδιού που αναφέρθηκαν από τους ερευνητές ως σχετικά με τις παραπάνω θεωρητικές οπτικές ήταν τα εξής:

- Πρόκληση, κίνητρο και αυτορυθμιζόμενη μάθηση. Η αλληλεπίδραση πολλών χρηστών παρέχει μια φιλοπαίγμονα πρόκληση, η οποία με τη σειρά της ενισχύει το κίνητρο για να κερδίσει κανείς το παιχνίδι. Παρέχονται κίνητρα και μηχανισμοί για την αυτορρύθμιση σε μεταγνωστικές διεργασίες που σχετίζονται με τη σκέψη, το συναίσθημα, τη συμπεριφορά και την προσοχή που διευκολύνουν τη μάθηση από το παιχνίδι. Ωστόσο, το ποιες ακριβώς είναι αυτές οι διαδικασίες και πώς αποδεικνύεται δεν ξεκαθαρίζεται στη συγκεκριμένη έρευνα. Πιθανόν, κάποια από αυτά τα στοιχεία να συνδέονται περισσότερο με το συμπεριφορισμό παρά με τον κονστρουκτιβισμό.
- Μάθηση μέσω της εμπειρίας: είτε κερδίσει, είτε χάσει κανείς στο Futura καταλήγει στο να διευκολύνεται να βιώσει άμεσα την πολυπλοκότητα και τη δυσκολία εξισορρόπησης των περιβαλλοντικών και ανθρώπινων αναγκών στην αειφόρο ανάπτυξη. Με την ήττα οι παίκτες βιώνουν άμεσα τη δυσκολία συνύπαρξης των αναγκών του περιβάλλοντος και του ανθρώπινου πληθυσμού. Οι παίκτες κερδίζουν τη στιγμή που θα αρχίσουν να κατανοούν την πολυπλοκότητα του προβλήματος και να αναπτύσσουν στρατηγικές για

την αντιμετώπισή του. Με ποιον τρόπο αυτές οι στρατηγικές δημιουργούνται και αναπτύσσονται κοινά και ατομικά είναι άξιο ιδιαίτερης μελέτης.

- Εξισορρόπηση ατομικής και ομαδικής/συνεργατικής χρήσης του παιχνιδιού. Ο αειφόρος σχεδιασμός των χρήσεων γης είναι ένα πρόβλημα που μπορεί να λυθεί με τη συνεργασία πολλών ανθρώπων. Μία από τις πρώτες αποφάσεις των παικτών κατά τη διάρκεια χρήσης του παιχνιδιού είναι το πώς θα πρέπει να αναλάβουν ατομικά την κύρια ευθύνη για την παροχή τροφής, στέγης και ενέργειας σε μια ολόκληρη περιοχή. Το παιχνίδι επιβάλλει σε κάθε παίκτη να δει μια ξεχωριστή «πλευρά». Κάθε παίκτης είναι υπεύθυνος για τη δική του ατομική οπτική, αλλά όλοι οι παίκτες πρέπει να εργαστούν από κοινού, προκειμένου να επιτύχουν, όπως άλλωστε θα έκαναν και οι ιθύνοντες στην πραγματική ζωή.
- Αναστοχασμός και ενέργειες στην παραγωγή γνώσης. Το Futura έχει σχεδιαστεί, κατά τους δημιουργούς του, έτσι ώστε οι περισσότερες ομάδες των παικτών να χάσουν τις πρώτες φορές που θα παίξουν. Χρησιμοποιείται σκόπιμα η πρόκληση στο παιχνίδι για την εισαγωγή των χρηστών του σε μία εποικοδομητική σύγκρουση. Για να διευκολυνθεί αυτό το είδος της χρήσης υπάρχουν διάφορα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά που υποστηρίζουν ευκαιρίες για αντανάκλαση και αυτορρύθμιση. Αυτά συμβαίνουν τόσο κατά τη συνεχή χρήση, αλλά και σε διακριτές παύσεις ή διαλείμματα στο παιχνίδι. Ιδιαίτερη αξία θα είχαν μετρήσιμα δεδομένα που να τεκμηριώνουν αυτήν την προσπάθεια των ερευνητών, μια και αυτά απουσιάζουν.
- Μάθηση από τους άλλους. Η διάδραση επιτρέπει σε όλους τους παίκτες να βλέπουν τις ενέργειες των άλλων (και δυνητικά να μαθαίνουν από αυτές).

Η αξία της παραπάνω έρευνας είναι πως ως ένα βαθμό προσπάθησε να συνδέσει στοιχεία από θεωρίες μάθησης με τη σχεδίαση ενός διαδραστικού περιβάλλοντος πολλών χρηστών που στοχεύει στη μάθηση (Antle et al., 2011).

Η πρώτη ίσως ολοκληρωμένη προσπάθεια συγκεφαλαίωσης των εκπαιδευτικών-παιδαγωγικών χαρακτηριστικών των διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών έγινε πριν από λίγα χρόνια (Dillenbourg & Evans, 2011). Έμφαση δόθηκε στα παρακάτω σημεία:

- Σε ένα ολιστικό επίπεδο θα μπορούσε κανείς να ισχυριστεί ότι οι διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών ως επιφάνειες εργασίας, σχετίζονται αόριστα με μια κοινωνικο-κονστрукτιβιστική θεώρηση υποστηρίζοντας μικρές ομάδες που προχωρούν στην επίλυση προβλημάτων διερευνώντας πολλαπλές λύσεις. Οι τεχνολογίες, όμως, δεν έχουν εγγενείς παιδαγωγικές αυτόματες εφαρμογές. Το

«περιβάλλον» των διαδραστικών τραπεζιών δεν είναι εγγενώς «κονστρουκτιβιστικό», για παράδειγμα, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την παρουσίαση ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής ή για την ανάγνωση βιβλίων για γρήγορη ανάκληση.

- Το πλεονέκτημα της ταυτόχρονης παρουσίας των εκπαιδευόμενων στον ίδιο φυσικό χώρο δεν είναι μόνο ότι οι μαθητές βλέπουν τους άλλους, έρχονται σε επαφή μεταξύ τους και ανταλλάσσουν αντικείμενα, αλλά και το ότι η οργάνωση του φυσικού χώρου γίνεται βασικό ζήτημα, την ίδια στιγμή που, για παράδειγμα, η τοποθέτηση των υπολογιστών σε μία τάξη/αίθουσα σπάνια έχει αξιολογηθεί ως κάτι βασικό στην έρευνα πάνω σε εικονικά περιβάλλοντα μάθησης.
- Ένα διαδραστικό τραπέζι είναι κοινωνικός χώρος, ενώ το γραφείο (και κατ' επέκταση ο προσωπικός υπολογιστής ή ένα tablet) είναι ένας προσωπικός χώρος.
- Τα διαδραστικά τραπέζια φαίνεται να είναι πιο κατάλληλα για καθήκοντα στα οποία στέρεοι χειρισμοί είναι σημαντικοί για την επίλυση του προβλήματος, γεγονός που εξηγεί γιατί πολλές εφαρμογές εξυπηρετούν κυρίως τα παιδιά και τους αρχάριους εκπαιδευόμενους. Οι προσφερόμενες δυνατότητες οδηγούν σε πολλαπλούς τρόπους επικοινωνίας - σε ένα κράμα που αποτελείται από την ομιλία, τις χειρονομίες, το βλέμμα, τις ενέργειες και τη στάση του σώματος που επιτρέπουν πιο πλούσια και γόνιμη διάδραση με στόχο τη διευκόλυνση και την εξέλιξη της διδασκαλίας, της μάθησης, της έρευνας και της ανάλυσης.
- Τα σημεία αυτά, όταν γίνονται σαφή και συγκεκριμένα, αποκαλύπτουν μια κοινωνικο-κονστρουκτιβιστική «γεύση» όχι με την έννοια ότι κάθε δραστηριότητα στις διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών είναι κοινωνικο-κονστρουκτιβιστική, αλλά πως είναι δυνατόν να παρέχουν μια τέτοια προσέγγιση στη διδασκαλία και στη μάθηση.

Αν χωριστούν σε διαφορετικούς κύκλους, οι σχετικές αλληλεπιδράσεις με τη συγκεκριμένη τεχνολογία προκύπτουν τα εξής ερωτήματα:

- Κύκλος 1 - Αλληλεπίδραση Χρήστη-Συστήματος: Πώς μια διαδραστική επιφάνεια πολλών χρηστών μπορεί ενδεχομένως να αλλάξει τον τρόπο που κάθε μαθητής ανακαλύπτει, αντιλαμβάνεται και συνειδητοποιεί καταστάσεις σε ατομικό επίπεδο;
- Κύκλος 2 - Κοινωνικές Αλληλεπιδράσεις: Πώς ένα περιβάλλον που διαθέτει διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών μπορεί δυνητικά να επηρεάσει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μαθητών;

- Κύκλος 3 - Ενορχήστρωση της Τάξης: Πώς μια διαδραστική επιφάνεια πολλών χρηστών επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο ένας εκπαιδευτικός ενορχηστρώνει πολλαπλές μαθησιακές δραστηριότητες μέσα στην τάξη;
- Κύκλος 4 - Θεσμικό Πλαίσιο: Είναι όντως οι διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών κατάλληλες για πιο συγκεκριμενοποιημένα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, ηλικίες και διαφορετικά πολιτισμικά πλαίσια;

Στον πρώτο κύκλο εντάσσονται οι παράγοντες που αφορούν στο γνωστικό φορτίο του ατόμου, στις προαπαιτούμενες γνώσεις, στην εμπειρία, στα κίνητρα, στη δέσμευση κλπ. Στον δεύτερο κύκλο, ανήκει, για παράδειγμα, η ανάγκη της ομάδας να οικοδομηθεί η από κοινού κατανόηση ώστε να πραγματοποιηθεί το εκάστοτε έργο.

3.4 Συμπεράσματα από την επισκόπηση

Τα διαδραστικά τραπέζια πολλών χρηστών θέτουν τις έννοιες της διάδρασης, της δια ζώσης επικοινωνίας και της συνεργασίας στο επίκεντρο κάθε μελέτης και κάθε χρήσης τους με σκοπό τη διδασκαλία και τη μάθηση. Εξασφαλίζουν πέρα από τη λεκτική επικοινωνία την ταυτόχρονη μη λεκτική επικοινωνία μέσω της ταυτόχρονης φυσικής παρουσίας των μελών μίας ομάδας στον ίδιο χώρο. Η πρόσθετη αυτή δυνατότητα παρέχεται ελάχιστα σε άλλες κυρίαρχες τάσεις στις εκπαιδευτικές τεχνολογίες και παίζει ένα ρόλο που αξίζει να διερευνηθεί. Η μη λεκτική επικοινωνία, η εναλλαγή της με τη λεκτική επικοινωνία και η ταυτόχρονη υπόσταση και των δύο γύρω από μια διαδραστική επιφάνεια πολλών χρηστών δίνει μια σημαντική δυνατότητα που δεν υπήρχε μέχρι πρότινος σε ένα ψηφιακό συνεργατικό πεδίο μάθησης. Για τον λόγο αυτό, η ξεχωριστή μελέτη των λεκτικών και μη-λεκτικών τρόπων επικοινωνίας θα πρέπει να οδηγήσει στη σύνθεση ενός ενιαίου πλαισίου. Αυτό το πλαίσιο θα μπορεί να ορίσει τη σχέση επικοινωνίας με τη συνεργασία. Ακολουθεί η συσχέτιση της συνεργασίας με τη μάθηση. Αυτό είναι ένα ζητούμενο που θα διερευνηθεί από την κύρια μελέτη της διατριβής.

Στη σχετική βιβλιογραφία έχουν καταγραφεί διάλογοι των χρηστών και έχουν κατηγοριοποιηθεί με διάφορους τρόπους μια και είναι άμεσα μετρήσιμος ο τρόπος καταγραφής της λεκτικής επικοινωνίας. Σε αυτό το επίπεδο, δεν είναι πάντα σαφές το πώς γίνεται η συγκριτική μελέτη της αποτελεσματικότητας της επικοινωνίας κατά τη χρήση των διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών. Ένα, ενδεχομένως, έλλειμμα που προκύπτει ως τώρα είναι πως χρησιμοποιούνται σπάνια ομάδες ελέγχου και οι συνθήκες που ελέγχονται δεν μπορούν εύκολα να αξιοποιηθούν από τη μετέπειτα έρευνα. Επιπλέον, το είδος της συνύπαρξης λεκτικής και μη λεκτικής επικοινωνίας και οι κανόνες της συνύπαρξης αυτής έχουν ελάχιστα μετρηθεί και αξιολογηθεί.

Σχετικά με την ένταξη των διαδραστικών επιφανειών σε έναν φυσικό χώρο μάθησης αναδεικνύονται αρκετά θέματα. Τα αποτελέσματα που καταγράφονται μέχρι στιγμής παρέχουν θετικές ενδείξεις για την αξιοποίηση της τεχνολογίας αυτής σε συνδυασμό με άλλες τεχνολογίες υπό αρκετούς όρους και συνθήκες. Ένα επιπλέον θέμα που τίθεται είναι η ανάγκη να πραγματοποιηθούν έρευνες μέσα στο υπάρχον φυσικό περιβάλλον μάθησης που είναι κατά κύριο λόγο η τάξη μέσα στην οποία ήδη λειτουργεί και κινείται ο εκπαιδευόμενος. Δεν είναι ξεκάθαρο αν τα μέχρι τώρα συμπεράσματα που προκύπτουν από την έρευνα επηρεάζονται από τον χώρο μέσα στον οποίο διεξάγονται τα πειράματα. Ενδεχομένως, να έχει σημασία η επιβεβαίωση των ως τώρα πορισμάτων μέσα στον φυσικό χώρο μάθησης των εκπαιδευόμενων. Η έρευνα είναι απαραίτητο να λάβει υπόψη της πως η εισαγωγή των

εκπαιδευόμενων σε ένα νέο περιβάλλον με μια τόσο νέα εκπαιδευτική τεχνολογία πιθανόν να οδηγεί στο φαινόμενο που έχει ονομαστεί halo effect (δηλαδή, σε υπερενθουσιασμό απέναντι στη νεωτερικότητα ενός συστήματος στο οποίο καλείται να ενεργήσει ένας εκπαιδευόμενος). Για να λυθεί αυτό το ζήτημα θα πρέπει να μπορεί να δοκιμαστεί η συγκεκριμένη τεχνολογία μέσα στην τάξη των μαθητών, στο σχολείο τους. Επιπλέον, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν κατάλληλες ερευνητικές μέθοδοι που να επιτρέπουν την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων σχετικά με την αξιοποίηση των τεχνολογικών χαρακτηριστικών της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Η σύγκριση των καταστάσεων απλής και πολλαπλής αφής και η σύγκριση ομαδικής και ατομικής εργασίας πρέπει να μπορεί να πραγματοποιείται στο ίδιο μέσο υπό τις κατάλληλες συνθήκες.

4. Οριζόντιες διαδραστικές τεχνολογίες πολλών χρηστών στη διδασκαλία του προγραμματισμού: κύρια έρευνα

4.1 Εισαγωγή

Ο προγραμματισμός σε υπολογιστή θεωρείται ως ένα σύνολο δομημένων εργασιών που πρέπει να εκτελεστούν με στόχο την επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων. Συνήθως, ένα πρόγραμμα στην Πρωτοβάθμια και τη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση αναπτύσσεται από έναν και μόνο προγραμματιστή. Στη βιομηχανία, όμως, λόγω του όγκου εργασίας που απαιτείται, όλα τα μη τετριμμένα έργα λογισμικού αποτελούν προϊόν συνεργασίας (Maguire, Maguire, Hyland, & Marshall, 2014). Συνήθως, διαφορετικοί προγραμματιστές διαμοιράζονται τις ευθύνες τους, διαιρούν τα καθήκοντά τους και αναπτύσσουν διαφορετικά τμήματα κώδικα που πρέπει να διασυνδεθούν. Στη βιομηχανία και στην ακαδημαϊκή κοινότητα θεωρείται δεδομένο πως ένας προγραμματιστής θα πρέπει να μπορεί να συνεργάζεται με άλλους προγραμματιστές. Το ερώτημα πώς μπορεί να καλυφθεί η ανάγκη αυτή από την τυπική εκπαίδευση είναι ένα βασικό ζήτημα στο οποίο εστιάζει το κεφάλαιο αυτό.

Ο συνδυασμός των τμημάτων του κώδικα σε μία ενιαία εφαρμογή είναι σημαντικός παράγοντας που μπορεί να καθορίσει την επιτυχία τέτοιων έργων. Στο σημείο αυτό, ενδιαφέρον είναι το γεγονός ότι σήμερα το μεγαλύτερο μέρος της επικοινωνίας και της συνεργασίας μεταξύ προγραμματιστών γίνεται εξ αποστάσεως. Αυτό δεν αφορά μόνο στην ανάγκη συνεργασίας προγραμματιστών χωρίς να είναι φυσικά παρόντες, αλλά και στον περιορισμό ότι οι υπολογιστές έχουν ένα πληκτρολόγιο και ένα ποντίκι ως συσκευές εισόδου.

Την ίδια στιγμή, η έρευνα έχει δείξει πως η έλλειψη μιας τυποποιημένης εκπαιδευτικής μεθόδου, σχετικής με τη συνεργατική μάθηση, μπορεί να είναι ένας από τους παράγοντες που ευθύνονται για τις αρνητικές εντυπώσεις των μαθητών στην Πληροφορική (Maguire et al., 2014). Την ίδια στιγμή, η μόνη τεκμηριωμένη διδακτική προσέγγιση του προγραμματισμού που επικεντρώνεται σε ομάδες μαθητών είναι ο λεγόμενος προγραμματισμός κατά ζεύγη (pair programming).

Ο προγραμματισμός κατά ζεύγη είναι μια τεχνική στην οποία δύο προγραμματιστές εργάζονται δίπλα-δίπλα, από κοινού, σε έναν μόνο υπολογιστή (Cockburn & Williams, 2001). Οι προγραμματιστές αναλαμβάνουν τον ρόλο του οδηγού ή τον ρόλο του πλοηγού. Ο οδηγός

πληκτρολογεί τον κώδικα, ενώ ο πλοηγός ελέγχει για τυχόν σφάλματα και σχεδιάζει τη συνολική στρατηγική που ακολουθείται. Οι δύο προγραμματιστές είναι δυνατό να ανταλλάσσουν ρόλους. Μπορεί, επίσης, να δημιουργούνται δυναμικά διαφορετικά ζεύγη για να διευκολύνεται η διάδοση πληροφοριών εντός ενός ευρύτερου οργανισμού (Maguire et al., 2014). Η συγκεκριμένη τεχνική έχει συνδεθεί με ορισμένα εκπαιδευτικά οφέλη, όπως η αυξημένη εμπλοκή των μαθητών, η ικανοποίησή τους και με ενδείξεις για καλύτερους βαθμούς στα μαθήματα (Harsley, Fossati, Eugenio, & Green, 2017). Οι μαθητές με χαμηλότερο αρχικό επίπεδο ευχαρίστησης και εμπιστοσύνης στις ικανότητές τους στον προγραμματισμό έχουν περισσότερες πιθανότητες να αντιληφθούν οι ίδιοι πως μαθαίνουν καλύτερα με την προσέγγιση αυτή, χωρίς αυτό να οδηγεί αναγκαστικά σε βελτιωμένη επίδοσή τους (Maguire et al., 2014). Παραλλαγές αυτής της τεχνικής έχουν δοκιμαστεί στη διαμόρφωση των ζευγών (αρχάριος-αρχάριος, έμπειρος-έμπειρος και έμπειρος-αρχάριος). Φαινομενικά, καθώς ο προγραμματισμός κατά ζεύγη σχετίζεται με δύο ξεχωριστούς και μη ισότιμους ρόλους δύο μαθητών, οι ευκαιρίες που μπορούν να προκύψουν για συνεργασία και ταυτόχρονη αλληλεπίδραση είναι περιορισμένες σε σύγκριση με τη συνεργατική μάθηση σε μεγαλύτερες ομάδες.

Πρόσφατα προτάθηκε μία νέα προσέγγιση ανάπτυξης λογισμικού, ο «προγραμματισμός όχλου» (mob programming), κατά την οποία μια ομάδα συγγραφής κώδικα εργάζεται πάνω στο ίδιο πρόγραμμα ταυτόχρονα, στον ίδιο φυσικό χώρο και στον ίδιο υπολογιστή (Zuill, 2014). Αντίστοιχα με τον προγραμματισμό κατά ζεύγη, κατά τη συγκεκριμένη προσέγγιση ανατίθενται μαζικά ρόλοι πλοηγών και οδηγών. Η συγκεκριμένη ιδέα φαίνεται ένα πολλά υποσχόμενο βήμα προς την κατεύθυνση του ομαδικού συνεργατικού προγραμματισμού, χωρίς ωστόσο να έχει διερευνηθεί καθόλου η αποτελεσματικότητά της στην εκπαίδευση. Μια τυπική διαρρύθμιση του χώρου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αυτήν την προσέγγιση περιλαμβάνει διπλούς προβολείς τοίχου (projectors), έναν υπολογιστή και δύο πληκτρολόγια (Zuill, 2014).

Το ερώτημα είναι αν οι μαθητές μπορούν να ωφεληθούν από την ομαδική ανάπτυξη ενός προγράμματος όντας δίπλα-δίπλα, επικοινωνώντας ισότιμα δίχως να τους ανατεθούν συγκεκριμένοι ρόλοι. Αυτή η έλλειψη αυθεντίας που προκαλείται από τη μη ανάθεση συγκεκριμένων ρόλων μπορεί να αποδειχθεί ένα πολύτιμο πλεονέκτημα, καθώς σημαίνει ότι οι συμμαθητές δεν ασκούν εξουσία στους άλλους λόγω της θέσης ή των ευθυνών που τους ανατίθενται (Boud & Lee, 2005). Όλοι μπορούν να συνεισφέρουν ισότιμα στο ομαδικό έργο και να διαπραγματευθούν τις ιδέες τους και τις ιδέες των άλλων. Ωστόσο, είναι φανερό ότι όσο ο αριθμός των συσκευών εισόδου (πληκτρολόγιο / ποντίκι) που συνδέονται σε έναν υπολογιστή

παραμένει χαμηλός, η απαιτούμενη αλληλεπίδραση μπορεί δύσκολα να επιτευχθεί. Ίσως αυτό αποτελεί τον κύριο λόγο για τον οποίο δεν υπάρχει ακόμη έρευνα στον συγκεκριμένο τομέα. Με βάση τα προηγούμενα στάδια εκπόνησης της παρούσας διατριβής σχετικά με τις διαδραστικές επιφάνειες πολλών χρηστών, και ειδικότερα τα διαδραστικά τραπέζια και έχοντας υπόψη το παραπάνω ερευνητικό κενό, στο κεφάλαιο αυτό δίνεται έμφαση στην ανάπτυξη δραστηριοτήτων συνεργατικού προγραμματισμού και τη μελέτη των αποτελεσμάτων (μάθηση, επικοινωνία και συνεργασία).

Οι γλώσσες προγραμματισμού σε συνδυασμό με τα αντίστοιχα προγραμματιστικά περιβάλλοντα που τις υποστηρίζουν, αποτελούν έναν κλασικό τύπο γνωστικών εργαλείων, με χαρακτηριστικό εκπρόσωπό τους τη γλώσσα Logo και τα Logo-like περιβάλλοντα (Μικρόπουλος, 2004). Η Logo σχεδιάστηκε αρχικά από τον Papert για να μπορούν οι μαθητές να υπερβούν σημαντικές δυσκολίες τους στην κατανόηση μαθηματικών εννοιών (Papert, 1980). Στη σύγχρονη εποχή, θεωρείται ότι υπερβαίνει τους περιορισμούς ενός περιβάλλοντος για προγραμματισμό, αποτελώντας μία φιλοσοφία μάθησης βασισμένη στη γνώση και στην επιστημολογική άποψη του Piaget (Μικρόπουλος, 2004; Ρεπαντής & Λαδιάς, 2011, 2012). Τα Logo-like περιβάλλοντα αποτελούν μία από τις βασικότερες επιλογές στη διδασκαλία της Πληροφορικής στην Πρωτοβάθμια και τη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση γιατί δεν αποτελούν μόνο ένα εργαλείο προγραμματισμού, αλλά πολύ περισσότερο έναν γνωστικό χώρο για να σκέφτεται ο μαθητής εντός του με βάση την Αλγοριθμική (Ρεπαντής & Λαδιάς, 2011). «Διδάσκοντας τον υπολογιστή πώς να σκέφτεται, τα παιδιά ξεκινούν για μια εξερεύνηση του δικού τους τρόπου σκέψης. Η εμπειρία μπορεί να είναι μεθυστική. Η σκέψη για την σκέψη κάνει το παιδί επιστημολόγο» (Papert, 1980). Η Logo διαθέτει αρκετά ανοικτά και επεκτάσιμα περιβάλλοντα προγραμματισμού για τη συγγραφή κώδικα. Πολύ περισσότερο, πλέον, η Logo είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να συντελεί στον καθορισμό και στην υλοποίηση μαθησιακών στόχων μέσω της συνεργασίας εκπαιδευτικού και μαθητών, να αξιοποιεί τις αντιλήψεις των μαθητών για την οικοδόμηση της γνώσης μέσω γενικεύσεων ή γνωστικών συγκρούσεων, να συμβάλει στην πρόσκτηση γνώσεων για την επικοινωνία της γνώσης, να παρέχει τρόπους αξιοποίησης της οικοδομημένης γνώσης, να αναπτύσσει μεταγνωστικές δεξιότητες, να συμβάλλει στη διαμόρφωση νέων ιδεών καθώς και στην ανάπτυξη μικρόκοσμων και περιβαλλόντων προσομοίωσης ρεαλιστικών προβλημάτων και, τέλος, να ενισχύει την ισότιμη διδασκαλία μεταξύ μαθητών και εκπαιδευτικού - μαθητών (Μικρόπουλος, 2004). Ο εύκολος τρόπος που παράγονται τα γραφικά σε τέτοιου τύπου περιβάλλοντα δίνει τη δυνατότητα άμεσης απεικόνισης των αποτελεσμάτων ενός προγράμματος. Σε συνδυασμό με μια από τις σύγχρονες εκδόσεις προγραμματιστικών περιβαλλόντων που διαθέτουν διεπαφή οπτικού

προγραμματισμού (Scratch, Blockly, StarLogo TNG, TurtleArt, και πολλά άλλα) δίνεται η δυνατότητα στον μαθητή, αφενός να εστιάσει στον αλγόριθμο και στις δομές δεδομένων (χωρίς να διασπάται από συντακτικά λάθη) και αφετέρου να εκμεταλλεύεται την άμεση οπτική ανατροφοδότηση για τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εκτέλεση του προγράμματός του (Ρεπαντής & Λαδιάς, 2011). Για να καλυφθούν οι τυπικές δυσκολίες στα εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού, ένα κύριο κοινό χαρακτηριστικό των παραπάνω περιβαλλόντων είναι η ύπαρξη ενός απλού συντάκτη που επιτρέπει τη χρήση πλακιδίων εντολών μέσω της ενέργειας σύρε-μετακίνησε (drag and drop editor). Με τον τρόπο αυτό, οι μαθητές είναι δυνατόν να αποφύγουν τα χρονοβόρα συντακτικά σφάλματα που συχνά προκαλούν απογοήτευση σε κάποιον αρχάριο προγραμματιστή (Kelleher et al., 2002).

Τα παραπάνω συνθέτουν ένα ερευνητικό πλαίσιο σχετικά με τη Διδακτική της Πληροφορικής το οποίο βρίσκεται σε άνθηση. Τα αποτελέσματα της διδασκαλίας της Logo σε περιβάλλοντα οπτικού προγραμματισμού εντός μη ομαδοσυνεργατικού πλαισίου στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια εκπαίδευση δείχνουν να βοηθούν υπό όρους την κατανόηση προγραμματιστικών εννοιών και δομών (Meerbaum-Salant, Armoni, & Ben-Ari, 2010; Sáez-López, Román-González, & Vázquez-Cano, 2016; Ρεπαντής & Κοντοσταυλάκη, 2010; Ρεπαντής & Λαδιάς, 2011, 2012). Έχουν καταγραφεί, όμως, και ερευνητικά αποτελέσματα που παρέχουν ενδείξεις για το ακριβώς αντίθετο συμπέρασμα, για παράδειγμα, πως η χρήση της πλατφόρμας Scratch δεν προκαλεί σημαντικές διαφορές στις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων των μαθητών Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Kalelioglu & Gulbahar, 2014). Σε ένα τοπίο που δεν είναι απόλυτα ξεκάθαρο, κύριος στόχος του κεφαλαίου αυτού είναι η ανάδειξη του ρόλου της συνεργατικής μάθησης, έτσι ώστε να κατανοηθούν σε μεγαλύτερο βαθμό οι προγραμματιστικές έννοιες από τον μαθητή και να ενισχυθούν με τον τρόπο αυτό τα μαθησιακά αποτελέσματα. Όπως αναφέρθηκε ήδη, η έρευνα σχετικά με τον συνεργατικό προγραμματισμό περιορίζεται στον προγραμματισμό κατά ζεύγη (pair programming). Τα αποτελέσματα της τελευταίας δεκαετίας από την εφαρμογή του δείχνουν ενθαρρυντικά αν και, συχνά, είναι αντιφατικά.

Μία μεγάλη συγκριτική έρευνα συνέλεξε τα δεδομένα από 320 μαθητές μέσης εκπαίδευσης που εργάζονταν μόνοι τους ή με συνεργάτη σε μια εργασία προγραμματισμού παιχνιδιών (Denner, Werner, Campe, & Ortiz, 2014). Ο προγραμματισμός κατά ζεύγη ήταν πιο επωφελής για την υπολογιστική σκέψη και για την οικοδόμηση της προγραμματιστικής γνώσης, ιδιαίτερα μεταξύ των λιγότερο έμπειρων μαθητών. Στην κατάσταση προγραμματισμού κατά ζεύγη, οι μαθητές που διέθεταν περισσότερη εμπειρία σε σχέση με τον συνεργάτη τους πέτυχαν

μεγαλύτερη εμπιστοσύνη στις δυνάμεις τους και περισσότερο θετική στάση απέναντι στον προγραμματισμό. Ωστόσο, όταν οι μαθητές είχαν θετική αρχική στάση απέναντι στη συνεργασία (σε σχέση με τον άμεσο συνεργάτη τους), οι προγραμματιστικές τους δεξιότητες δεν αυξήθηκαν σημαντικά.

Σε μία άλλη έρευνα που εστίασε αποκλειστικά σε μαθήτριες μέσης εκπαίδευσης φάνηκε πως όταν εκείνες εργάζονταν με έναν συνεργάτη, συμμετείχαν σε διερευνητική συνομιλία (η οποία περιλαμβάνει μεταγνωστική παρακολούθηση του εαυτού τους και του συνεργάτη τους) και ορισμένα από τα βήματα εντοπισμού και διόρθωσης σφαλμάτων στον κώδικά τους ήταν εμφανή στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους (Werner & Denning, 2009).

Στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση δεν υπάρχουν ξεκάθαρα δεδομένα που να αναδεικνύουν τα οφέλη του προγραμματισμού σε ζεύγη (Lewis, 2011). Οι μαθητές στις δύο καταστάσεις δε διαφέρουν σημαντικά στην απόδοσή τους σε κουίζ ή στις απαντήσεις τους σε ερωτήσεις σχετικά με τη στάση τους. Επιπλέον, οι μαθητές που εργάζονται μόνοι στον υπολογιστή ολοκληρώνουν τις εργασίες τους πιο γρήγορα από όσους δουλεύουν με συνεργάτη.

Στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια στη Σάντα Κρουζ (UCSC) συγκρίθηκε το 2006 η επίδοση των φοιτητών (προγραμματισμός κατά ζεύγη και παραδοσιακός ατομικός προγραμματισμός) (McDowell, Werner, Bullock, & Fernald, 2006). Οι ερευνητές παρακολούθησαν τους φοιτητές για ένα χρόνο μετά το πρώτο τρίμηνο. Διαπίστωσαν ότι στην κατάσταση προγραμματισμού κατά ζεύγη περισσότεροι φοιτητές πέρασαν τα μαθήματα του έτους CS1 (ποσοστό 72%) έναντι των φοιτητών που δούλεψαν ατομικά (ποσοστό 63%), ήταν περισσότερο πιθανό να συνεχίσουν στην επόμενη χρονιά (ποσοστό 85% έναντι 67%) και ήταν επίσης πιο πιθανό να δηλώσουν ως βασική κατεύθυνση των σπουδών τους την Πληροφορική ένα χρόνο αργότερα (ποσοστό 57% έναντι μόλις 34%).

Ειδικά για το είδος της συνεργασίας μεταξύ των ζευγών έχει διερευνηθεί το σημείο στο οποίο εκείνη κρίνεται απαραίτητη σε αντιπαράθεση με τον ατομικό προγραμματισμό (Coman, Robillard, Sillitti, & Succì, 2014). Ο υποχρεωτικός προγραμματισμός κατά ζεύγη μπορεί να είναι λιγότερο αποτελεσματικός σε οργανισμούς όπου θα μπορούσε να γίνει απόλυτα ατομικά μια εργασία και όταν απαιτούνται λίγες μόνο αλληλεπιδράσεις για συνεργατικές δραστηριότητες. Στον προγραμματισμό κατά ζεύγη, η ατομική εργασία δείχνει να αποτελεί σημαντικό στοιχείο μιας ευρύτερης ομαδικής εργασίας και οι αλληλεπιδράσεις της ομάδας έχουν δύο κύριους σκοπούς: την παροχή βοήθειας σε ένα άλλο μέλος της ομάδας και την επιδίωξη ενός κοινού στόχου για την επίλυση ενός προβλήματος που τίθεται σε όλη την ομάδα. Συχνά, όμως, η

υποβοήθηση ενός μέλους της ομάδας από ένα άλλο γίνεται άτυπα, χωρίς καν να αναφέρεται το γεγονός αυτό στον προγραμματισμό κατά ζεύγη, καθότι είναι μια συνηθισμένη πρακτική μεταξύ των προγραμματιστών. Μπορεί να συμπεράνει κανείς πως με τον τρόπο αυτό δείχνει περιορισμένη η εμβέλεια του προγραμματισμού κατά ζεύγη, όσο μπορεί να αντικαθίσταται ή να συγχέεται με μια άτυπη παροχή βοήθειας ενός προγραμματιστή προς έναν άλλο.

Πρόσφατα, δοκιμάστηκε ο προγραμματισμός κατά ζεύγη με την ταυτόχρονη χρήση του περιβάλλοντος Snap! (πρόκειται για παρεμφερές περιβάλλον με το Scratch) σε πρωτοετείς φοιτητές του University of Florida (Rodriguez, Price, & Boyer, 2017). Έμφαση δόθηκε στη μελέτη των διαλόγων ανάμεσα στους οδηγούς και στους πλοηγούς, διάλογοι οι οποίοι καταγράφηκαν online μέσω του Google Chat (γεγονός που παραδέχονται και οι ίδιοι οι ερευνητές πως είναι δυνατό να επηρεάζει τη γενίκευση των συμπερασμάτων τους στον χώρο της ταυτόχρονης φυσικής παρουσίας των ζευγών). Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η συνεργασία είναι πιο αποτελεσματική όταν και οι δύο προγραμματιστές πραγματοποιούν ουσιαστική συνεισφορά στον διάλογο, εκφράζουν αβεβαιότητα, επιλύουν ζητήματα που ανακύπτουν και, ειδικά, η λεκτική εκφραστικότητα του οδηγού συνδέεται με βελτιωμένα αποτελέσματα. Τα παραπάνω δείχνουν πως η διαμοίραση οριοθετημένων, έστω και εναλλασσόμενων, ρόλων στον προγραμματισμό κατά ζεύγη πιθανόν να δημιουργεί προβλήματα και σύγχυση (Salinger, Zieris, & Prechelt, 2013). Οι ρόλοι που απαιτούνται σε μια τέτοια διάδραση κατά τους Salinger et al. (2013) είναι πάνω από δύο, γεγονός που ενισχύει τη σύγχυση και, πιθανόν, να εξηγεί τα αντιφατικά συμπεράσματα πλευρών της έρευνας σχετικά με τον προγραμματισμό κατά ζεύγη.

Τέλος, μία έρευνα ανέλυσε το έργο μιας ομάδας 17 προγραμματιστών στη βιομηχανία παραγωγής λογισμικού για 14 μήνες (Bella et al., 2013). Οι συμμετέχοντες στην έρευνα ήταν μέλη του τμήματος πληροφορικής μιας μεγάλης ιταλικής κατασκευαστικής εταιρείας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο προγραμματισμός κατά ζεύγη φαίνεται να παρέχει μια αντιληπτή αλλά μικρή επίδραση στη μείωση των λαθών στη συγγραφή κώδικα. Εύγλωττα, σκιαγραφείται η πιθανή αιτία σε μία μεταγενέστερη έρευνα. «Ο προγραμματισμός κατά ζεύγη απαιτεί δεξιότητες πέρα από την ικανότητα ανάπτυξης λογισμικού. Το να είναι σε θέση να εντοπίσει κανείς τις ανάγκες που σχετίζονται με τη γνώση και, στη συνέχεια, να προωθήσει αυτή τη γνώση ή να τη λάβει από κάποιο συνεργάτη του με επιτυχία είναι μια βασική πτυχή των όσων απαιτούνται» (Zieris & Prechelt, 2014).

4.2 Στόχοι και ερευνητικά ερωτήματα

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, αναδεικνύονται τα εξής:

- υφίσταται ανάγκη για συνεργατική εκπόνηση προγραμμάτων
- η παραγωγή μεγάλων έργων απαιτεί δαπάνη ενέργειας και χρόνου που δεν μπορούν να δοθούν από έναν μόνο προγραμματιστή
- η συνεργατική μάθηση είναι γενικά θεμελιωμένη ως διδακτική στρατηγική με καταγεγραμμένα οφέλη σε πολλούς τομείς της ανθρώπινης γνώσης και δραστηριότητας
- η συνεργατική μάθηση παρουσιάζει έντονες δυσκολίες στο να βρει διέξοδο στην περίπτωση ενός τομέα όπως η Πληροφορική
- παρουσιάζεται μια αναντιστοιχία στην ανάγκη ενίσχυσης της συνεργατικής μάθησης στον τομέα του προγραμματισμού και στην αποτελεσματικότητα των σχετικών μοντέλων που έχουν προταθεί ή στην έλλειψη ποικιλίας ομαδοσυνεργατικών μοντέλων.

Σε αυτό το σημείο προτείνεται ένα πλαίσιο ομότιμης συνεργασίας των μελών μιας τετραμελούς ομάδας μαθητών μέσω μιας σύγχρονης μεθόδου στη διδασκαλία του προγραμματισμού. Τα χαρακτηριστικά της τεχνικής αυτής πιθανά να μπορούν σε βάθος χρόνου να συνεισφέρουν στην οικοδόμηση των απαιτούμενων δεξιοτήτων συνεργασίας, επικοινωνίας και διαπραγμάτευσης των προγραμματιστών, όποτε αυτό κρίνεται αναγκαίο από τον διδάσκοντα πάντα προς την κατεύθυνση ενίσχυσης των μαθησιακών στόχων. Με τον τρόπο αυτό ίσως καλλιεργούνται και όσες παράπλευρες σημαντικές δεξιότητες απαιτούνται από τους μελλοντικούς προγραμματιστές στη βιομηχανία ή στην ακαδημαϊκή έρευνα.

Η παρούσα μελέτη είναι συγκριτική όσον αφορά στον συνεργατικό προγραμματισμό σε διαδραστικό τραπέζι στις καταστάσεις απλής (μονής) αφής και πολλαπλής αφής (single-touch και multi-touch) και τον ατομικό προγραμματισμό. Θέτει ως στόχο να απαντήσει στα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

1. Ποια είναι τα μαθησιακά αποτελέσματα κατά τον προγραμματισμό σε ομάδες αρχαρίων και πιο προχωρημένων μαθητών στον προγραμματισμό;
2. Πώς συνεργάζονται και πώς επικοινωνούν οι μαθητές λεκτικά και μη-λεκτικά σε αυτές τις διαφορετικές καταστάσεις;
3. Πώς σχετίζονται η λεκτική, η μη λεκτική επικοινωνία και τα μαθησιακά αποτελέσματα;

4.3 Ένα νέο περιβάλλον οπτικού προγραμματιστικού πολλών χρηστών

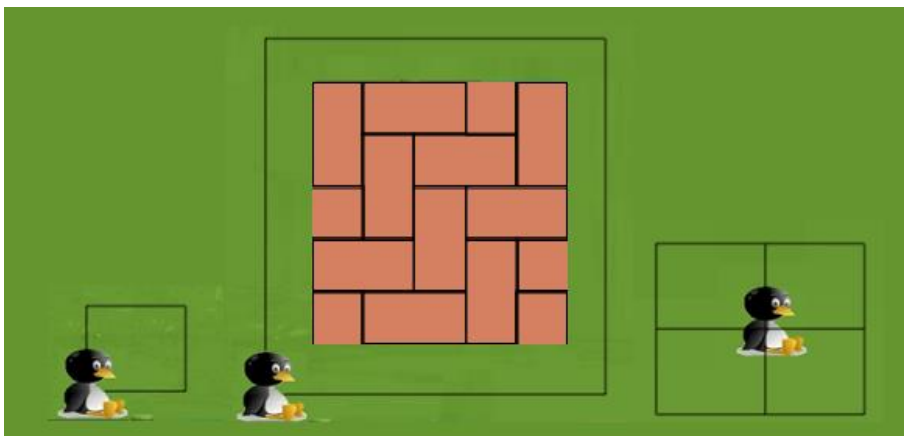
Μετά από σχετική αναζήτηση προέκυψε ότι δεν υπάρχει κανένα περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού που να υποστηρίζει ταυτόχρονα την επίλυση προβλημάτων σε καταστάσεις πολλαπλής (πολλών χρηστών) και ατομικής αφής. Κατά συνέπεια, κρίθηκε απαραίτητο να αναπτυχθεί μια νέα, φιλική προς τον χρήστη εφαρμογή πολλαπλής αφής / πολλών χρηστών, ένα μικρο-περιβάλλον ανάπτυξης συνεργατικού κώδικα. Το περιβάλλον θα έπρεπε να υποστηρίζει ταυτόχρονα τη δυνατότητα διάδρασης μέσω απλής αφής, να προσομοιώνει έναν λειτουργικό συντάκτη (drag and drop editor) για τη συγγραφή συνεργατικών προγραμμάτων των μαθητών σε γλώσσα Logo και να διαθέτει έναν μικρό Logo-like διερμηνευτή για την εκτέλεσή τους. Η εφαρμογή σχεδιάστηκε στη γλώσσα Processing (έκδοση 2.2.1) μια και εκείνη υποστηρίζει τη γρήγορη κατασκευή πρότυπων εφαρμογών και ειδικά την ανάπτυξη εφαρμογών multi-touch με τη χρήση της βιβλιοθήκης SMT (Simple Multi-Touch). Οι δραστηριότητες που σχεδιάστηκαν ήταν απαραίτητο να συνδέονται με ορισμένες από τις θεμελιώδεις αλγοριθμικές έννοιες (ακολουθία, επανάληψη και εμφωλευμένη επανάληψη) οι οποίες αναφέρονται στα αναλυτικά προγράμματα Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και έπρεπε, επίσης, να υποστηρίζουν κλιμακούμενη δυσκολία για διάφορα επίπεδα χρηστών (scaffolding).

Στα αρχικά στάδια της παρούσας μελέτης, ήταν επίσης απαραίτητο να ερευνηθεί η βιβλιογραφία για καλά σχεδιασμένες δραστηριότητες που είχαν ήδη κριθεί κατάλληλες για εισαγωγικά μαθήματα στον προγραμματισμό. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν οι ηλεκτρονικές βάσεις ScienceDirect και Google Scholar:

- 16 αποτελέσματα προέκυψαν από την αναζήτηση pub-date>2009 and TITLE-ABSTRACT-KEY("pair programming")
- 74 αποτελέσματα προέκυψαν από την αναζήτηση pub-date>2009 and TITLE-ABSTRACT-KEY("collaborative programming")
- ένα αποτέλεσμα προέκυψε από την αναζήτηση pub-date>2009 and TITLE-ABSTRACT-KEY("multi-touch") and TITLE-ABSTRACT-KEY(programming).

Από τα παραπάνω μόνο μία δημοσίευση σχετική με Πρωτοβάθμια ή Δευτεροβάθμια εκπαίδευση βρέθηκε και σχετιζόταν με το συνηθισμένο πρόβλημα του σχεδιασμού βασικών γεωμετρικών σχημάτων. Κατόπιν τούτου, πραγματοποιήθηκε μια νέα αναζήτηση, προκειμένου να επιτευχθεί διασύνδεση με τα σύγχρονα Logo-like περιβάλλοντα και ειδικά το Scratch: 100 αποτελέσματα προέκυψαν από την αναζήτηση pub-date>2009 and TITLE-ABSTRACT-KEY(scratch) and TITLE-ABSTRACT-KEY(programming). Στη συνέχεια, τα αποτελέσματα αυτά περιορίστηκαν στην

Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια εκπαίδευση, σε απλές δραστηριότητες προγραμματισμού και εστίασαν σε αρχάριους προγραμματιστές. Μόνο τρεις από τις παραπάνω μελέτες περιγράφουν τις δραστηριότητες (βασικά σχήματα: τετράγωνο, ορθογώνιο, τρίγωνο και κύκλος). Η σχεδίαση τετραγώνων χρησιμοποιήθηκε σε όλες τις παραπάνω εργασίες. Επομένως, αποφασίστηκε οι δραστηριότητες να σχεδιαστούν για έναν χαρακτήρα που πρέπει να ακολουθήσει μονοπάτια τα οποία στην ουσία ήταν τετράγωνα ή γεωμετρικά σχήματα που προέκυπταν ως συνδυασμός τετραγώνων. Το σενάριο των δραστηριοτήτων είναι αρκετά απλό: ένας πιγκουίνος πρέπει να προσποιηθεί ότι απομακρύνεται από ένα ψάρι που είναι πιο γρήγορο από αυτόν. Καταφέρνει να πιάσει το ψάρι αν και μόνο αν καταφέρει να το ξεγελάσει. Έτσι, πρέπει να βρει τον πιο αποδοτικό τρόπο (δηλαδή, ορθό κώδικα με τις λιγότερες δυνατές εντολές) για να περπατήσει πάνω σε μια συγκεκριμένη διαδρομή που δίνεται κάθε φορά από την εφαρμογή. Σχεδιάστηκαν τέσσερις δραστηριότητες κλιμακούμενης δυσκολίας. Στο Σχήμα 4.1 παρουσιάζονται τα τρία διαφορετικά μονοπάτια / σχήματα τα οποία καλούνται να δημιουργήσουν με τον κώδικά τους οι χρήστες.



Σχήμα 4.1. Τα μονοπάτια των δραστηριοτήτων

Οι λύσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1. Σημειώνεται πως στη Δραστηριότητα 4 υπάρχουν και εναλλακτικές λύσεις.

Πίνακας 4.1. Δραστηριότητες που σχεδιάστηκαν για τη μελέτη

Περιγραφή σχήματος	1 Ακολουθία	2 Απλή επανάληψη	3 Εμφωλευμένη επανάληψη	4 Εμφωλευμένη επανάληψη
Τετράγωνο πλευράς ενός βήματος	Προσδοκώμενη λύση: Forward Turn left Forward	Προσδοκώμενη λύση: Repeat 4 times { Forward Turn left }		

	Turn left Forward Turn left Forward			
Τετράγωνο πλευράς τεσσάρων βημάτων			Προσδοκώμενη λύση: Repeat 4 times { Repeat 4 times { Forward } Turn left }	
Τέσσερα συμμετρικά τετράγωνα πλευράς ενός βήματος με τον πιγκουίνο να βρίσκεται στο κέντρο του σχήματος				Προσδοκώμενη λύση: Repeat 4 times { Repeat 4 times { Forward Turn right } Turn left }

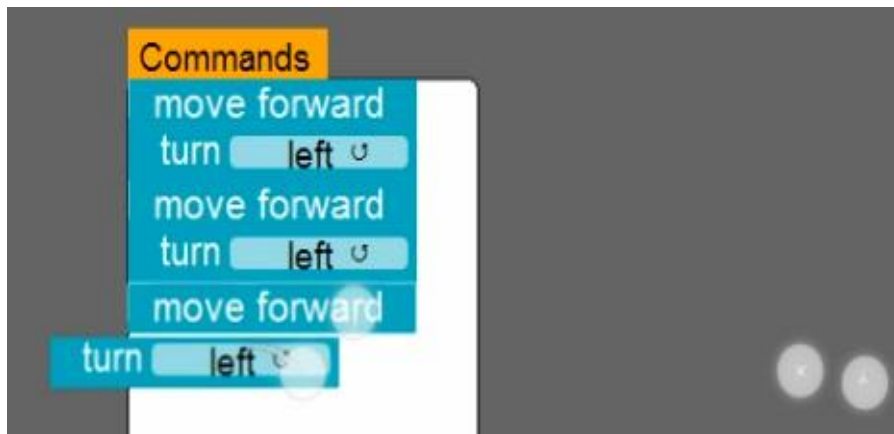
Προκειμένου να ενισχυθούν οι δεξιότητες επικοινωνίας και διαπραγμάτευσης των μελών της ομάδας, καθώς και η συνολικότερη αποτελεσματικότητα όσων προτείνονται παρακάτω, εισάγεται στο σημείο αυτό, μία νέα τεχνική, η προσέγγιση της Συναίνεσης-Ανοχής. Η βασική ιδέα της είναι απλή: κάθε πρόγραμμα που αναπτύσσεται από μία ομάδα μαθητών μπορεί να εκτελεστεί αν και μόνο αν όλα τα μέλη της ομάδας δίνουν την άδειά τους για κάτι τέτοιο. Πρακτικά αυτό σημαίνει πως κάθε μέλος της ομάδας πρέπει να πιέσει το ψηφιακό κουμπί που του ανήκει, γεγονός που δείχνει συναίνεση ή ανοχή στις ιδέες της υπόλοιπης ομάδας. Μόνο τότε μπορεί να δοκιμαστεί ένα πρόγραμμα. Με αυτόν τον τρόπο, ακόμα και αν υπάρχει διαφωνία μεταξύ των μελών της ομάδας, ο καθένας ωθείται να στηρίξει τη γνώμη του, να διαπραγματευτεί, να συμφωνήσει ή να ανεχτεί τη λύση που υποστηρίζεται από την υπόλοιπη ομάδα. Ο βασικός μηχανισμός της Συναίνεσης-Ανοχής σχετίζεται άμεσα με την έννοια του «σημείου διαφωνίας» (point of disagreement) όπως παρουσιάστηκε σε παλαιότερη διετή έρευνα (Stock et al., 2008; Zancanaro et al., 2012). Στη συγκεκριμένη έρευνα η οποία παρουσιάστηκε εκτεταμένα στο Κεφάλαιο 3, χρησιμοποιήθηκαν διαδραστικά τραπέζια για την καταγραφή της διαπραγμάτευσης μεταξύ αντιτιθέμενων ατόμων (στην προκειμένη περίπτωση μεταξύ Παλαιστινίων και Ισραηλινών εφήβων) με στόχο την κοινή δημιουργία μιας αφήγησης έτσι ώστε να διευκολυνθεί η αλλαγή των ατομικών στάσεων και ίσως η συμφιλίωση μεταξύ των μελών της ομάδας. Πάνω στο διαδραστικό τραπέζι υπήρχαν ετικέτες που λειτουργούσαν ως γραφική ένδειξη της διαφωνίας (point of disagreement) κάποιου μέλους της ομάδας. Με την

τοποθέτηση μίας από αυτές η ομάδα δεν μπορούσε να ολοκληρώσει την ιστορία (το κουμπί "Τέλος" αυτόματα γινόταν ανενεργό). Τα πολυμεσικά στοιχεία στα οποία υπήρχε διαφωνία λειτουργούσαν ως προτάσεις για εναλλακτικές διατυπώσεις και, στην ουσία, εκεί γινόταν η κύρια διαπραγμάτευση. Η Συναίνεση-Ανοχή, αντιστρόφως, αποτελεί τη θετική εκδοχή του ίδιου μηχανισμού: τα μέλη της ομάδας καλούνται να διαπραγματευτούν και να συμφωνήσουν αν πρέπει να εκτελεστεί ο κώδικας, διατυπώνοντας ρητά την ατομική τους θέση. Επιπλέον, αφού στον προγραμματισμό υπάρχουν συχνά αρκετά διαφορετικές, ωστόσο, ορθές λύσεις για το ίδιο πρόβλημα, τα μέλη της ομάδας είναι υποχρεωμένα να επεξηγούν την προσωπική τους προσέγγιση σχετικά με την εκπόνηση του προγράμματος και, μάλιστα αυτό πρέπει να γίνεται αρκετά συχνά, όσες φορές δηλαδή απαιτείται η δοκιμή του κώδικα και η εκτέλεσή του. Τέλος, εκφράζοντας τη συναίνεσή τους με μία θετική πράξη και όχι την κάθετη διαφωνία τους, ενισχύουν την αντίληψη που διαθέτει κάθε μέλος για το τι κατανοούν και πού ακριβώς συμφωνούν οι υπόλοιποι, κάτι που αναδεικνύεται ως ανάγκη στη χρήση των διαδραστικών τραπεζιών (Yuill & Rogers, 2012). Η Συναίνεση-Ανοχή στοχεύει να συμβάλει στη συνολική επίγνωση και, ειδικότερα, στην αμοιβαιότητα με την έννοια πως κάθε χρήστης μπορεί να αντιλαμβάνεται τις ενέργειες του άλλου, αλλά και να αποκτά αντίληψη της επίγνωσης του άλλου.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι οι χρήστες του περιβάλλοντος προγραμματισμού πολλαπλής αφής διαθέτουν περιορισμένο αριθμό πλακιδίων για κάθε είδος εντολών που μπορούν να χρησιμοποιήσουν. Αυτό έγινε για να αποφευχθεί η δυνατότητα σχεδίασης λύσεων αποκλειστικά και μόνο με τη δομή ακολουθίας και για να «υποχρεωθούν» να προχωρήσουν οι μαθητές σε πιο σύνθετες έννοιες όπως η επανάληψη και η εμφωλευμένη επανάληψη. Κατά συνέπεια, οι μαθητές πρέπει να εξετάζουν με προσοχή τις διάφορες επιλογές που διαθέτουν. Οι αριθμοί των διαθέσιμων πλακιδίων σε κάθε δραστηριότητα είναι οι εξής:

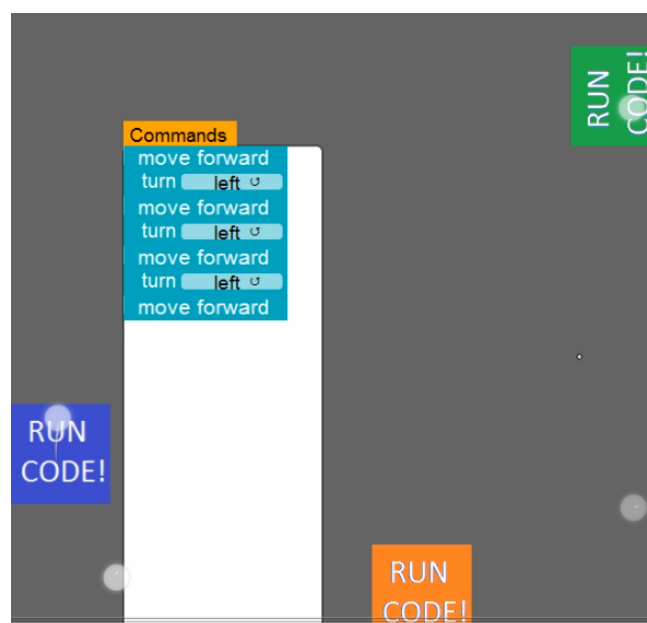
- Δραστηριότητα 1: Τέσσερα πλακίδια "Forward", τέσσερα "Turn left" και τέσσερα "Turn right".
- Δραστηριότητα 2: Ένα πλακίδιο "Repeat 4 times", ένα "Forward", ένα "Turn left" και ένα "Turn right".
- Δραστηριότητα 3: Δύο πλακίδια "Repeat 4 times", τρία "Forward", τρία "Turn left" και τρία "Turn right".
- Δραστηριότητα 4: Δύο πλακίδια "Repeat 4 times", τρία "Forward", τρία "Turn left" και τρία "Turn right".

Στο Σχήμα 4.2 παρουσιάζεται ένα στιγμιότυπο κατά τη διεξαγωγή της πρώτης δραστηριότητας από ομάδα μαθητών που δούλευαν σε κατάσταση πολλαπλής αφής. Οι λευκές σφαίρες υποδεικνύουν διαφορετικά σημεία ταυτόχρονης διεπαφής και δεν ήταν άμεσα ορατές στους χρήστες του διαδραστικού τραπεζιού, αλλά καταγράφονταν από το λογισμικό σε βοηθητική οθόνη για τους σκοπούς της μελέτης (το στιγμιότυπο είναι από εκεί).



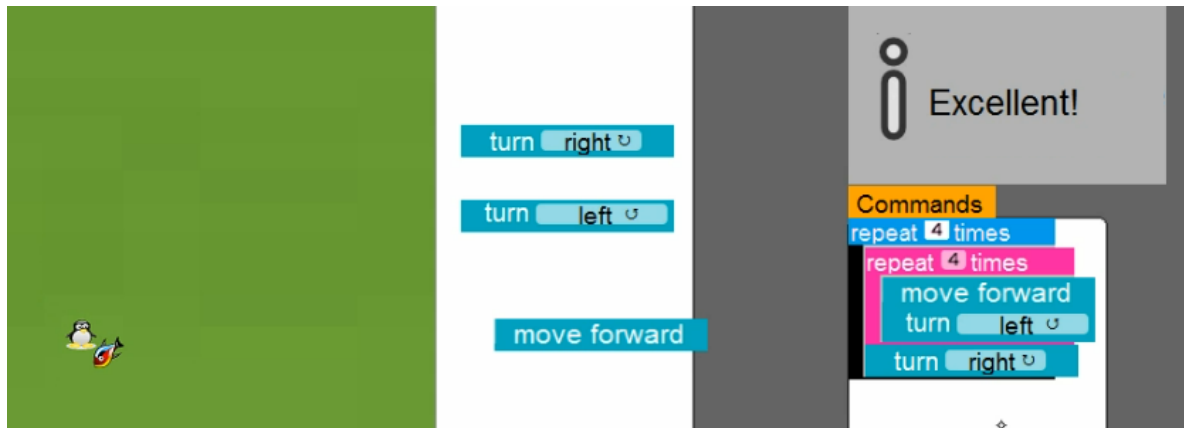
Σχήμα 4.2. Στιγμιότυπο κατά τη σύνθεση του προγράμματος

Στο Σχήμα 4.3 παρουσιάζεται στιγμιότυπο κατά τη διεξαγωγή της πρώτης δραστηριότητας από ομάδα μαθητών που δούλευαν σε κατάσταση πολλαπλής αφής και κατά τη χρήση των «προσωπικών» τους κουμπιών έτσι ώστε να εκτελεστεί ο κώδικας της ομάδας σύμφωνα με τη Συναίνεση-Ανοχή.



Σχήμα 4.3. Οι χρήστες πιέζουν τα κουμπιά τους για την εκτέλεση του προγράμματος

Στο Σχήμα 4.4 παρουσιάζεται στιγμιότυπο κατά τη διεξαγωγή της τέταρτης δραστηριότητας από ομάδα μαθητών που δούλευαν σε κατάσταση απλής αφής και την επιτυχή ολοκλήρωσή της με τον πιγκουίνο να πιάνει το ψάρι.



Σχήμα 4.4. Ολοκλήρωση του προγράμματος (Δραστηριότητα 4)

Σημειώνεται ότι τα γραφικά που χρησιμοποιήθηκαν για τον πιγκουίνο και το ψάρι ανακτήθηκαν από ιστότοπο με εικόνες ελεύθερης χρήσης (www.clker.com).

4.4 Δείγμα

Στην παρούσα μελέτη, πραγματοποιείται σύγκριση του τρόπου με τον οποίον συνεργάζονται ομάδες μαθητών σε ένα πλαίσιο εκπόνησης δραστηριοτήτων συναίνεσης γύρω από μια οριζόντια διαδραστική επιφάνεια πολλών χρηστών. Το πείραμα διεξήχθη τον Μάιο του 2017 σε σχολείο Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στο Λονδίνο (κατάταξη Ofsted: “Outstanding”).

Για τους σκοπούς της συγκεκριμένης μελέτης, ένα δείγμα ηλικιακής ομάδας των 12-13 χρόνων αποτελεί την άμεση και φυσική προέκταση της επιλογής του δείγματος της μελέτης ευχρηστίας που παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 2 (μαθητές της ΣΤ΄ Δημοτικού, δηλαδή μαθητές 11-12 χρόνων). Η ηλικία των 12 ετών, σύμφωνα με τον Piaget, βρίσκεται στο μεταίχμιο της ολοκλήρωσης της ανάπτυξης της συγκεκριμένης λογικής σκέψης και στα πρώιμα στάδια ανάπτυξης της λογικής αφηρημένης σκέψης (Piaget, 1977). Η επιλογή του δείγματος (μικροί ηλικιακά μαθητές της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης) επιτρέπει τη μελέτη του επιπέδου της συλλογιστικής των μαθητών σε μεγαλύτερο βάθος από ό,τι σε ένα αντίστοιχο δείγμα μαθητών της Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, μια και η συλλογιστική αυτή είναι ο κύριος παράγοντας για την επίτευξη των στόχων της δραστηριότητας. Η λεκτική, τουλάχιστον, διαπραγμάτευση μεταξύ των μαθητών είναι δυνατόν να είναι αναβαθμισμένη σε σχέση με εκείνη των μαθητών της Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και, έτσι, να εξαχθούν πιο πλούσια συμπεράσματα. Ταυτόχρονα, επιλέχθηκε η κοντινότερη ηλικιακή κατηγορία σε σχέση με την μελέτη ευχρηστίας των τεχνολογιών πολλών χρηστών που παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 2, για την καλύτερη σύγκριση των αντίστοιχων συμπερασμάτων.

Όλες οι συνεδρίες καταγράφηκαν σε βίντεο. Διανεμήθηκαν στους κηδεμόνες των μαθητών τα κατάλληλα έντυπα συγκατάθεσης και δύο εκπαιδευτικοί (ένας από τους δύο ήταν ο συγγραφέας της παρούσας διατριβής) επέλεξαν σταθμισμένα τους 60 συμμετέχοντες από τους μαθητές που επέστρεψαν υπογεγραμμένες τις φόρμες γονικής συναίνεσης (Παράρτημα).

Οι ομάδες μαθητών που συμμετείχαν στη μελέτη ήταν οι εξής:

- πέντε τετραμελείς ομάδες που έπρεπε να εργαστούν στην κατάσταση πολλαπλής αφής (κατάσταση M, multi-touch) – ομαδική χρήση
- πέντε τετραμελείς ομάδες που έπρεπε να εργαστούν στην κατάσταση απλής αφής (κατάσταση S, single-touch) – ομαδική χρήση
- είκοσι μαθητές που έπρεπε να εργαστούν ατομικά χωρίς να ανήκουν σε κάποια ομάδα (κατάσταση I, individuals) – ατομική χρήση.

Κάθε ομάδα απαρτιζόταν από δύο αγόρια και δύο κορίτσια της ίδιας ηλικίας (δηλαδή, 12 ή 13 χρονών). Οι 36 από τους συμμετέχοντες ήταν 12 ετών (Year 8), ενώ οι υπόλοιποι 24 ήταν 13 ετών (Year 9). Σημειώνεται πως στο Ηνωμένο Βασίλειο το Year 8 αντιστοιχεί στην ελληνική Α΄ Γυμνασίου. Οι εκπαιδευτικοί εξισορρόπησαν παράγοντες όπως ηλικία, φύλο, καταγωγή (αν αυτή δεν ήταν Αγγλική) και σχολική επίδοση, ώστε να προσφέρουν σε ένα ευρύ σταθμισμένο φάσμα συμμετεχόντων τη δυνατότητα συμμετοχής. Ειδικά σχετικά με την επίδοση των συμμετεχόντων λήφθηκε υπόψη ο βαθμός των μαθητών στην Πληροφορική (GCSE in Computer Science) ή στις ΤΠΕ (Certificate in Digital Applications - CiDA) για τους δεκατρίαχρονους μαθητές και στα Μαθηματικά για τους δωδεκάχρονους. Οι μαθητές ηλικίας 13 χρόνων είχαν διδαχθεί Python για διάστημα 8 μηνών, ενώ οι υπόλοιποι μαθητές δεν είχαν παρακολουθήσει κάποιο μάθημα Πληροφορικής.

Κάθε ομάδα της κατάστασης M και κάθε ομάδα της κατάστασης S αποτελείτο από άτομα της ίδιας ηλικίας, και συγκεκριμένα από δύο μαθητές υψηλής επίδοσης $>6+$ ή $>C+$ (ένα αγόρι και ένα κορίτσι) και δύο μαθητές μέτριας επίδοσης >4 ή $>D$ και $\leq 6+$ ή $\leq C+$ (και πάλι ένα αγόρι και ένα κορίτσι). Η ίδια αναλογία φύλου και ακαδημαϊκής επίδοσης διατηρήθηκε και στην επιλογή των μαθητών της κατάστασης I. Κανένας από τους παραπάνω μαθητές δεν είχε προγραμματίσει ποτέ χαρακτήρα να μετακινείται, ούτε είχε χρησιμοποιήσει εντολή επανάληψης σε Logo-like περιβάλλον πριν από τη διεξαγωγή της έρευνας. Οι ελάχιστοι μαθητές που διέθεταν κάποια περιορισμένη εμπειρία στη χρήση του Scratch είχαν χρησιμοποιήσει μόνο την εντολή Say για να δημιουργήσουν μικρά κλιπ και διαλόγους μεταξύ χαρακτήρων. Τα μέλη δύο ομάδων M, δύο ομάδων S και οκτώ μαθητές που ανήκαν στην ομάδα I παρακολουθούσαν κατά το σχολικό έτος 2016-2017 μαθήματα Πληροφορικής σε επίπεδο GCSE, διέθεταν περίπου οκτάμηνη εμπειρία στον προγραμματισμό με τη χρήση της γλώσσας Python και τα μέλη τους ήταν 13 ετών (συγκεκριμένα οι ομάδες MA1, MA2, SA1, SA2 και IA). Οι τρεις αυτές οκτάδες μαθητών είχαν σταθμιστεί ανάλογα (ηλικία, φύλο, καταγωγή, ακαδημαϊκή επίδοση). Οι υπόλοιποι μαθητές δεν είχαν παρακολουθήσει ποτέ κάποια σειρά μαθημάτων προγραμματισμού.

4.5 Διαδικασία

Οι μαθητές διέθεταν 15 λεπτά για να ολοκληρώσουν και τις τέσσερις δραστηριότητες. Ο χρόνος που καταγράφηκε για την επίλυση του πλέγματος των τεσσάρων δραστηριοτήτων υπολογίστηκε από τη στιγμή της πρώτης επαφής με τη διαδραστική επιφάνεια έως τη λήξη του τελευταίου μέρους της τελευταίας δραστηριότητας ή όταν ο εκπαιδευτικός διέκοπτε τη διαδικασία στα 15 λεπτά.

Οι μόνες οδηγίες σχετικά με το περιεχόμενο των δραστηριοτήτων αναγράφονταν πάνω στη διαδραστική επιφάνεια: «Το ψάρι έχει βρει καταφύγιο. Έτσι, ο πικουίνος για να πιάσει το ψάρι πρέπει να προσποιηθεί πως μετακινείται μακριά και ακολουθεί την πορεία που βλέπετε στην οθόνη! Βρείτε τη συντομότερη διαδρομή».

Αμέσως μετά την ολοκλήρωση των εργασιών ή πέρα από το χρονικό όριο των 15 λεπτών, οι μαθητές έπρεπε να απαντήσουν ατομικά σε μια σειρά προγραμματιστικών ασκήσεων σε χαρτί (post-test) οι οποίες ήταν σχετικές με τις δομές ακολουθίας και επανάληψης όπως αυτές εμφανίζονται στο προγραμματιστικό περιβάλλον της μελέτης. Οι ερωτήσεις ήταν διαβαθμισμένης δυσκολίας και έπρεπε να απαντηθούν ατομικά, έτσι ώστε να καταγραφεί μία ένδειξη για την ατομική αντίληψη των μαθητών μετά το πέρας της εργασίας στο διαδραστικό τραπέζι. Η βαθμολογία στις ερωτήσεις αυτές χρησιμοποιήθηκε για να ελεγχθεί αν οι ομάδες ήταν ισοδύναμες και, επίσης, για να συσχετιστούν τα δεδομένα από τη διεπαφή με το διαδραστικό τραπέζι και την τελική ατομική κατανόηση των μαθητών. Οι ερωτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2.

Πίνακας 4.2. Φύλλο εργασίας (post-test) που χρησιμοποιήθηκε μετά τις δραστηριότητες

1) Does the following code draw a square? Tick: Yes!		☐
No!		☐
Commands move forward turn left ↺ move forward turn left ↺ move forward turn right ↻ move forward		
2) Which of the following programs is drawing a square? Tick the correct program!		

Program 1

Commands

repeat 4 times

turn right

turn left

move forward

Program 2

Commands

repeat 4 times

move forward

turn left

Program 3

Commands

repeat 4 times

turn left

move forward

turn right

3) Put the commands in the right order so as to draw a square. The first one is done for you:

Command	Order
turn right	
move forward	
move forward	1
move forward	
move forward	
turn right	
turn right	

4) The following program draws a path. Can you also draw it? The penguin is facing to the right as we begin. The first line is done for you.

Code:

Commands

repeat 4 times

repeat 4 times

move forward

turn left

move forward

Path / Shape:



Το ίδιο υλικό (hardware) χρησιμοποιήθηκε σε όλες τις καταστάσεις. Έγινε χρήση μίας οριζόντιας διαδραστικής επιφάνειας Elo™ πολλών χρηστών, μεγέθους 42 ιντσών που υποστηρίζει δέκα ταυτόχρονα σημεία επαφής. Η επιφάνεια ήταν συνδεδεμένη σε φορητό υπολογιστή με το λειτουργικό σύστημα Windows 7.

Επιλέχθηκε, επιπλέον, οι μαθητές της ομάδας Ι να εργαστούν ατομικά και εκείνοι στην ίδια συσκευή για να αποφευχθεί επίδραση στα αποτελέσματα σχετικά με τα τεχνολογικά και φυσικά χαρακτηριστικά του υλικού. Οι δραστηριότητες πραγματοποιήθηκαν στην κανονική τάξη των μαθητών (εργαστήριο Πληροφορικής) και η μόνη προφορική οδηγία που τους δόθηκε ήταν σχετική με τις επιτρεπόμενες χειρονομίες (gestures) πάνω στο διαδραστικό τραπέζι και στον τρόπο μετακίνησης των πλακιδίων / εντολών. Στόχος ήταν να διερευνήσουν οι μαθητές μόνοι τους το περιβάλλον και να δώσουν τις λύσεις.

Οι μαθητές που δούλεψαν ατομικά γνώριζαν εξ αρχής πως είχαν οικειοθελώς τη δυνατότητα στον ελεύθερό τους χρόνο να χρησιμοποιήσουν κοινά το μέσο μετά το πέρας της μελέτης, έτσι, ώστε και εκείνοι να δουλέψουν σε ομάδες. Τα αποτελέσματα αυτά φυσικά δεν καταγράφηκαν. Στόχος ήταν να αποφευχθεί πιθανή απογοήτευση από τη συμμετοχή τους στην ομάδα Ι και να μην επηρεαστούν τα αποτελέσματα.

4.5.1 Αξιολόγηση μαθησιακών αποτελεσμάτων

Κάθε δραστηριότητα εκτός της τέταρτης έχει μόνο μία ορθή απάντηση, καθώς απαιτείται η συντομότερη σωστή πορεία και ο αριθμός των πλακιδίων που διατίθενται είναι περιορισμένος. Η τελευταία δραστηριότητα έχει διάφορες πιθανές λύσεις. Κάθε πλακίδιο / εντολή που τοποθετείται στη σωστή θέση λαμβάνει έναν βαθμό. Αν απαιτείται η χρήση της εντολής *Repeat*, τότε η λύση των μαθητών αντιστοιχεί βαθμολογικά στην ισοδύναμη λύση με τον κώδικα που θα δινόταν ως απάντηση, εξαλείφοντας την εντολή αυτή. Εν ολίγοις, το πλήθος των ορθά τοποθετημένων «στοιχειωδών» εντολών *Forward*, *Turn left* και *Turn right* δίνουν τη συνολική βαθμολογία ανά δραστηριότητα. Στην περίπτωση που μία απάντηση εμπεριέχει μία επιπλέον στοιχειώδη εντολή από τη βέλτιστη λύση αφαιρείται ένας βαθμός (μια και πάντα ζητείται η συντομότερη διαδρομή). Η μέθοδος αυτή είναι συμβατή με τον υπολογισμό της πολυπλοκότητας ενός προγράμματος και αποτελεί ένα αντικειμενικό κριτήριο για την αξιολόγηση των απαντήσεων. Παραδείγματα χρήσης της μεθόδου παρατίθενται στον Πίνακα 4.3. Συνολικά, ως άριστη βαθμολογία και για τις τέσσερις δραστηριότητες ορίζεται το 71. Οι μέσες τιμές και η τυπική απόκλιση της βαθμολογίας κάθε ομάδας συγκρίθηκαν μεταξύ των διαφορετικών καταστάσεων (Μ, Σ και Ι).

Αντίστοιχη μέθοδος ακολουθήθηκε για τη βαθμολόγηση των ατομικών απαντήσεων των μαθητών στο φύλλο εργασίας που δόθηκε μετά την ομαδική δραστηριότητα (Πίνακας 4.2). Στην τελευταία ερώτηση όπου απαιτείται σχεδίαση σχήματος, κάθε ορθή αλλαγή διεύθυνσης και κάθε σωστή γραμμή που σχεδιάζεται λαμβάνουν από έναν βαθμό. Ως άριστα στο φύλλο αυτό ορίζεται το 43. Ορθές απαντήσεις στις πρώτες δύο κλειστού τύπου ερωτήσεις λαμβάνουν από έναν βαθμό.

Πίνακας 4.3. Μέθοδος αξιολόγησης των απαντήσεων

Δραστηριότητα 1	Δραστηριότητα 2	Δραστηριότητα 3	Δραστηριότητα 4
Η ορθή λύση: <i>Forward</i> <i>Turn left</i> <i>Forward</i> <i>Turn left</i>	Η ορθή λύση: <i>Repeat 4 times {</i> <i>Forward</i> <i>Turn left }</i>	Η ορθή λύση: <i>Repeat 4 times {</i> <i>Repeat 4 times {</i> <i>Forward }</i> <i>Turn left }</i>	Η ορθή λύση: <i>Repeat 4 times {</i> <i>Repeat 4 times {</i> <i>Forward</i> <i>Turn right }</i>

<i>Forward</i> <i>Turn left</i> <i>Forward</i> λαμβάνει 7 βαθμούς, γιατί απαιτούνται επτά στοιχειώδεις εντολές.	λαμβάνει 8 βαθμούς (δηλαδή, 4 επί το πλήθος των δύο στοιχειωδών εντολών που εκτελούνται).	λαμβάνει 20 βαθμούς, γιατί 4 επί (4 φορές <i>Forward</i> στον εσωτερικό βρόχο + 1 εντολή <i>Turn left</i>) = 20.	<i>Turn left</i> } λαμβάνει 36 βαθμούς, γιατί 4 επί (4 φορές <i>Forward</i> και <i>Turn right</i> στον εσωτερικό βρόχο = 8 + 1 εντολή <i>Turn left</i>) = 36.
Η μερικώς ορθή λύση: <i>Forward</i> <i>Turn right</i> <i>Forward</i> <i>Turn left</i> <i>Forward</i> <i>Turn left</i> <i>Forward</i> λαμβάνει 6 βαθμούς, γιατί μόνο η εντολή <i>Turn right</i> είναι λάθος.	Η μερικώς ορθή λύση: <i>Repeat 4 times {</i> <i>Forward</i> <i>Turn right</i> } λαμβάνει 4 βαθμούς, ενώ η μερικώς ορθή λύση: <i>Turn right</i> <i>Repeat 4 times {</i> <i>Forward</i> <i>Turn right</i> } παρόλο που διαγράφει το ίδιο σχήμα με την προσδοκώμενη λύση λαμβάνει 7 βαθμούς, γιατί περιέχεται μία επιπλέον στοιχειώδη εντολή σε σχέση με τη βέλτιστη λύση.	Η μερικώς ορθή λύση: <i>Forward</i> <i>Repeat 4 times {</i> <i>Repeat 4 times {</i> <i>Forward</i> } <i>Turn left</i> } λαμβάνει μόνο 4 βαθμούς που αντιστοιχούν στις τέσσερις εντολές <i>Forward</i> της πρώτης πλευράς. Όλες οι υπόλοιπες στοιχειώδεις εντολές είναι τοποθετημένες λανθασμένα.	Η μερικώς ορθή λύση: <i>Repeat 4 times {</i> <i>Forward</i> <i>Turn left</i> } λαμβάνει μόνο 8 βαθμούς που αντιστοιχούν στο πρώτο από τα τέσσερα τετράγωνα και μία αλλαγή διεύθυνσης.

Το συγκεκριμένο πλαίσιο αξιολόγησης βασίστηκε στη λογική που αναπτύσσεται σε πρόσφατη σχετική μελέτη για την αξιολόγηση της επίδοσης μαθητών της Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στον προγραμματισμό σε Logo-like περιβάλλοντα και, ενδεχομένως, το συμπληρώνει με πρακτικό και συγκεκριμένο τρόπο (Chen et al., 2017).

4.5.2 Κωδικοποίηση διαλόγων

Ένα από τα συμπεράσματα που προέκυψαν στο Κεφάλαιο 3 ήταν πως παρεμφερείς μελέτες χρησιμοποιούν διαφορετικές μεθόδους στην κωδικοποίηση των διαλόγων σχετικά με τη χρήση των διαδραστικών επιφανειών πολλών χρηστών στην εκπαίδευση. Κατά συνέπεια, είναι, ως ένα βαθμό, μη άμεσα συγκρίσιμα τα ποσοτικά αποτελέσματα μεταξύ τους. Συμβάλλοντας προς

την κατεύθυνση ενοποίησης των ερευνητικών συμπερασμάτων και πορισμάτων, υιοθετείται η κωδικοποίηση της πλέον συγγενούς έρευνας (Rodriguez et al., 2017). Η κωδικοποίηση αυτή, με τη σειρά της βασίστηκε σε προηγούμενες έρευνες αξιολόγησης διαλόγων (Stolcke et al., 2000; Vail & Boyer, 2014). Οι Rodriguez et al. (2017) εστιάζουν στον οπτικό προγραμματισμό κατά ζεύγη με τη χρήση του Logo-like περιβάλλοντος Snap!, ενώ οι διάλογοι έγιναν εξ αποστάσεως και γραπτά μέσω του Google Chat. Αν και η συγκεκριμένη έρευνα πραγματοποιήθηκε σε ζεύγη φοιτητών Τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε η ίδια κωδικοποίηση των διαλόγων σε χαμηλότερη βαθμίδα εκπαίδευσης, σε μεγαλύτερες ομάδες (τετραμελείς με ταυτόχρονη φυσική παρουσία τους γύρω από το διαδραστικό μέσο) και χωρίς την ανάθεση συγκεκριμένων ρόλων. Επιπλέον, στόχος είναι να συμπληρωθεί η κωδικοποίηση των διαλόγων με εκείνη που αφορά στη μη λεκτική επικοινωνία. Η κωδικοποίηση που χρησιμοποιείται παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.4.

Πίνακας 4.4. Κωδικοποίηση διαλόγων και σχετικά παραδείγματα όπως καταγράφηκαν

Περιγραφή		Παραδείγματα διαλόγων από την παρούσα μελέτη
S	Δήλωση σχετική με πληροφορία	So when you walk a square it generates a fish.
SE	Δήλωση σχετική με επεξήγηση / αιτιολόγηση / συμπέρασμα	But then it's going to go through the middle again. There's no point of that.
U	Άποψη ή ένδειξη έλλειψης σιγουριάς	I'm a bit baffled now, I'm not gonna lie.
D	Σαφής οδηγία	Put this here.
SU	Ευγενική ή έμμεση οδηγία	Yeah, so don't we have to move forward four times?
ACK	Επιβεβαίωση	Ok.
M	Μετα-σχόλιο ή αντανάκλαση	Yeah. Never mind.
QYN	Ερώτηση ναι/όχι	Oh wait, so he has to go through every square?
QWH	Ερωτήσεις σχετικά με τα ποιος, τι, πού, πότε, γιατί και πώς (who, what, where, when, why, and how)	Where's the left one?
AYN	Απάντηση σε ερώτηση ναι/όχι	Yeah!
AWH	Απάντηση σε ερώτηση QWH	It needs to, walk in a square, walk in a square, walk in a square, walk in a square.
FP	Θετική ανατροφοδότηση	I think it will work.
FNON	Μη θετική ανατροφοδότηση	No it can only turn right cus it'll move forward already because of that.
O	Εκτός διαδικασίας	Is there no speed up button, Sir?

Διατηρήθηκε το σχήμα των Rodriguez et al. (2017) με μια μικρή αλλά ουσιαστική αλλαγή. Η κατηγορίες S και SE (δήλωση σχετικά με πληροφορία και δήλωση σχετικά με επεξήγηση / αιτιολόγηση / συμπέρασμα) ήταν ενιαίες στην έρευνά τους, ωστόσο για να γίνει πιο σαφές το σημείο στο οποίο επεξηγούν/αιτιολογούν ή συμπεραίνουν οι μαθητές, οι κατηγορίες αυτές διαχωρίστηκαν. Στο σημείο αυτό συχνά κρύβεται η ουσία της διαπραγμάτευσής τους και για το

λόγο αυτό πραγματοποιήθηκε η τροποποίηση. Στην ουσία, η κατηγορία SE αναφέρεται στο υψηλότερο επίπεδο συλλογιστικής των μαθητών. Επιπλέον, σε περιπτώσεις που μία φράση ή πρόταση ενός μαθητή είχε πάνω από έναν στόχο (για παράδειγμα, ταυτόχρονη θετική ανατροφοδότηση και οδηγία), η φράση αυτή κωδικοποιήθηκε κάτω από δύο κατηγορίες.

Δύο εκπαιδευτικοί του σχολείου (ο ένας εκ των δύο είναι ο συγγραφέας) χρησιμοποίησαν την παραπάνω κωδικοποίηση σε δύο μεγάλα διαφορετικά τμήματα των δεδομένων που καταγράφηκαν (70% επί του συνόλου ο καθένας) προκειμένου να ελεγχθεί η αξιοπιστία του παραπάνω τρόπου ταξινόμησης, καλύπτοντας ολόκληρο το φάσμα της λεκτικής επικοινωνίας. Το κοινό 40% της λεκτικής επικοινωνίας που ταξινομήθηκε και από τους δύο εκπαιδευτικούς χρησίμευσε στη μέτρηση του ελέγχου συμφωνίας (δείκτης k , *kappa* του *Cohen*) μεταξύ των δύο καταγραφών (0,79). Η μέτρηση αυτή υποδηλώνει επαρκή αξιοπιστία για περαιτέρω αναλύσεις. Είναι προφανές πως στην περίπτωση της ομάδας Ι δεν καταγράφηκε λεκτική ή μη λεκτική επικοινωνία, μια και οι μαθητές εργάστηκαν ατομικά.

4.5.3 Κωδικοποίηση μη λεκτικής επικοινωνίας

Η μη λεκτική επικοινωνία έχει κωδικοποιηθεί ελάχιστα στην περίπτωση των διαδραστικών τραπεζιών. Δύο μόνο σχετικές έρευνες που κάνουν χρήση ανάλογης κωδικοποίησης έχουν δημοσιευτεί (Kendira, Gidel, Jones, & Lenne, 2013; Soro, Iacolina, Scateni, & Uras, 2011). Η κωδικοποίηση της μη λεκτικής επικοινωνίας που πραγματοποιείται στην παρούσα μελέτη κάνει ταυτόχρονη χρήση των δύο κωδικοποιήσεων που χρησιμοποιήθηκαν στις έρευνες αυτές, με τη μία να συμπληρώνει τις ελλείψεις της άλλης.

Αρχικά, πραγματοποιείται μία κατηγοριοποίηση των χειρονομιών (Soro et al., 2011). Ο όρος χειρονομία δεν αναφέρεται στη διεπαφή του χρήστη με το διαδραστικό τραπέζι, αλλά στις κινήσεις που πραγματοποιεί εμπρόθετα το σώμα ώστε να μεταδοθεί ένα μήνυμα που συχνά συνοδεύει την ομιλία. Διατηρώντας την ταξινόμηση των Soro et al. (2011) οι κινήσεις αυτές ταξινομούνται ως εξής:

- Οι κινήσεις των χεριών λογίζονται ως χειρονομίες.
- Οι κινήσεις των χεριών θεωρούνται ως χειρονομίες όταν έχουν σαφή επικοινωνιακή πρόθεση: η δίπλωση των χεριών μαζί δεν είναι χειρονομία. Το να δείξει κανείς με το δάχτυλο, να μιμηθεί μια δράση, να διαγράψει στον αέρα ένα σχήμα ή να μετρήσει με τα δάχτυλά του θεωρούνται τύποι χειρονομίας.
- Οι πιο σύνθετες χειρονομίες (φράσεις) υπολογίζονται ως το σύνολο από τα ατομικά τους συστατικά όπου είναι δυνατόν. Για παράδειγμα, όταν ένας μαθητής επισημαίνει

ένα τμήμα κώδικα, έπειτα, για να παρουσιάσει συσχετισμό, ένα άλλο τμήμα και, τελικά, κάνει μία χειρονομία για να δείξει πρόοδο, ακόμη και αν αυτές οι τρεις κινήσεις εκτελούνται χωρίς ορατή παύση, υπολογίζονται ως τρεις ξεχωριστές χειρονομίες.

Ως *ευχέρεια χειρονομίας* μίας ομάδας ή ενός μαθητή ορίζεται ο συνολικός αριθμός των χειρονομιών που διενεργούνται, διαιρούμενος με τον συνολικό χρόνο που ξοδεύεται για την επίλυση των δραστηριοτήτων. Η ευχέρεια χειρονομίας δίνει ένα μέτρο της ποσότητας της μη λεκτικής επικοινωνίας, το οποίο, πάντως, δεν επαρκεί μια και η φύση της είναι ιδιαίτερα πλούσια (Soro et al., 2011). Κατά συνέπεια, η ευχέρεια επικοινωνίας δεν μετρήθηκε στην παρούσα μελέτη και η παραπάνω κωδικοποίηση συμπληρώνεται ποιοτικά με τη μέθοδο των Kendira et al. (2013). Η συγκεκριμένη μέθοδος κωδικοποίησης αναλύει περαιτέρω τη μη λεκτική επικοινωνία στους παρακάτω πέντε τύπους συμπεριφοράς:

- Οι διαχειριστικές χειρονομίες (handling gestures - HG) είναι χειρονομίες που πραγματοποιούνται όταν κάποιος εκτελεί μια ενέργεια πάνω σε ένα ψηφιακό αντικείμενο και αλλάζει την κατάστασή του (για παράδειγμα, η τοποθέτηση ενός πλακιδίου σε μία νέα θέση). Καταγράφονται στη συγκεκριμένη μελέτη, έτσι ώστε να συσχετιστεί η διάδραση με το μέσο, τα μαθησιακά αποτελέσματα και η λεκτική επικοινωνία (ομαδικά και ατομικά). Το είδος των χειρονομιών αυτών δεν υπάγεται στο σχήμα των Soro et al. (2011).
- Οι δεικτικές χειρονομίες (deictic gestures - DG), οι οποίες συνήθως γίνονται με τα χέρια, τα δάχτυλα και το βλέμμα για τον εντοπισμό πραγματικών είτε υποθετικών χαρακτήρων, αντικειμένων και κατευθύνσεων.
- Οι προσαρμογείς (adaptor gestures - AG), αποτελούν χειρονομίες συχνά ακούσιες, όπως το χτένισμα των μαλλιών με τα δάχτυλα, το σταύρωμα των χεριών ή ένα απλό ξύσιμο του κεφαλιού. Η έρευνα δεν έχει καταλήξει σχετικά με το πώς αυτές συνδέονται με αρνητικές συναισθηματικές καταστάσεις όπως η πλήξη, ο φόβος, η αμηχανία και ο ερεθισμός ή θετικές καταστάσεις όπως η προσπάθεια κάποιου να απομονώσει τα εξωτερικά ερεθίσματα για να επεξεργαστεί μια ιδέα. Το είδος των χειρονομιών αυτών δεν υπάγεται στο σχήμα των Soro et al. (2011).
- Οι μεταφορικές χειρονομίες (metaphoric gestures - MG) χρησιμοποιούνται για να απεικονίσουν και να ενισχύσουν την ομιλία, σχηματίζοντας μια αναλογία μεταξύ μίας έννοιας και μίας συγκεκριμένης ενέργειας που γίνεται με το σώμα. Για παράδειγμα, τέτοια χειρονομία πραγματοποιείται όταν ένας μαθητής «ζωγραφίζει» στον αέρα ένα

σχήμα. Οι χειρονομίες αυτές έχουν επίσης τη δυνατότητα να προκαλέσουν την αφηρημένη σκέψη στους συνομιλητές.

- Οι χειρονομίες υπογράμμισης (punctuator gestures – PG) είναι ο μόνος από τους πέντε τύπους χειρονομιών που πρέπει να συνοδεύει κάποια μορφή λεκτικής επικοινωνίας. Οι χειρονομίες αυτές μπορούν να εκτελούνται είτε από τον ομιλητή είτε από τον ακροατή, συμβάλλοντας στη μεταφορά του ρυθμού της συνομιλίας. Παραδείγματα αυτών των χειρονομιών είναι το κούνημα του κεφαλιού μετά από ακρόαση κάθε στοιχείου μιας λίστας. Το είδος των χειρονομιών με το κεφάλι δεν υπάγεται στο σχήμα των Soro et al. (2011), αν και είναι σημαντικό. Τέτοιες χειρονομίες χρησιμεύουν για να συμπληρώνουν, να διαμορφώνουν και να δίνουν έμφαση στο μήνυμα του ομιλητή και εμφανίζονται συχνά στη λεκτική επικοινωνία.

Με τον τρόπο αυτό ορίζεται η μη λεκτική επικοινωνία ως οποιαδήποτε χειρονομία, στάση, κίνηση ή βλέμμα (Jones, 2013; Kendira et al., 2013). Λόγω της δυσκολίας του εγχειρήματος κωδικοποίησης της μη λεκτικής επικοινωνίας, η ταξινόμηση όλων των χειρονομιών έγινε ταυτόχρονα από τον συγγραφέα και έναν δεύτερο εκπαιδευτικό του σχολείου όπου πραγματοποιήθηκε το πείραμα.

Στις συνεδρίες χρησιμοποιήθηκε κάμερα βιντεοσκόπησης για την καταγραφή των διαλόγων και χειρονομιών, λογισμικό καταγραφής της οθόνης του διαδραστικού τραπεζιού, καθώς και αρχεία που δημιουργήθηκαν από το λογισμικό (log files) τα οποία κατέγραφαν τον χρόνο και στοιχεία της διάδρασης με το ψηφιακό μέσο. Στο Σχήμα 4.5 παρουσιάζεται ένα τμήμα ενός log-file με δεδομένα μίας ομάδας όπως αυτά καταγράφηκαν.

```
incorrect answer after:72 sec. Number of commands: 20 TouchUps so far:29  
incorrect answer after:81 sec. Number of commands: 20 TouchUps so far:29  
incorrect answer after:143 sec. Number of commands: 7 TouchUps so far:49
```

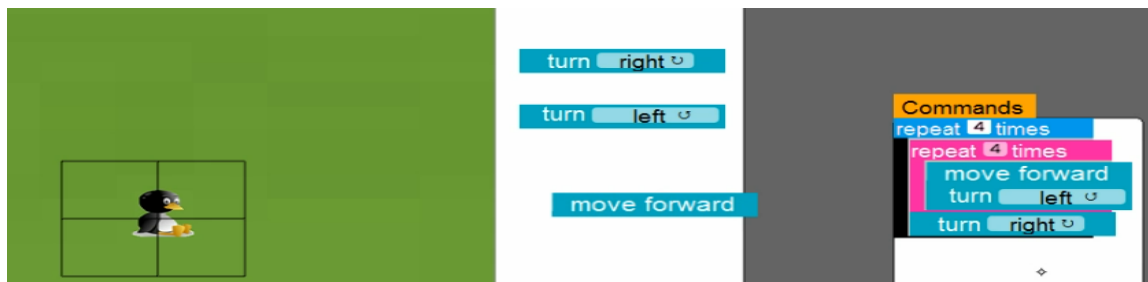
Σχήμα 4.5. Τμήμα log file (number of commands είναι το πλήθος «στοιχειωδών» εντολών)

Στιγμιότυπο από τη διεξαγωγή της πρώτης δραστηριότητας στην κατάσταση πολλαπλής αφής παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.6.



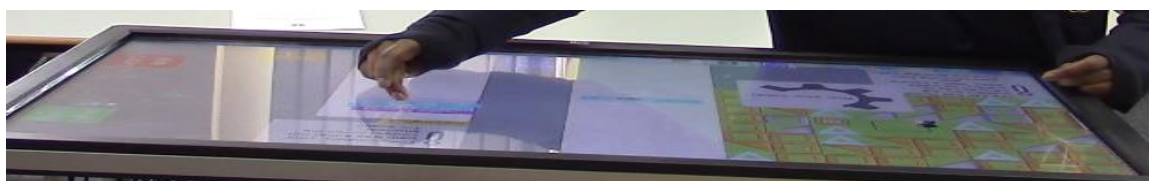
Σχήμα 4.6. Ομαδική χρήση της εφαρμογής στην κατάσταση πολλαπλής αφής - Μ

Στο Σχήμα 4.7 παρουσιάζεται τμήμα της οθόνης των μαθητών κατά τη διεξαγωγή της τέταρτης δραστηριότητας.



Σχήμα 4.7. Καταγραφή τμήματος της οθόνης των μαθητών

Στο Σχήμα 4.8 παρουσιάζεται στιγμιότυπο από την ατομική χρήση του διαδραστικού τραπεζιού.



Σχήμα 4.8. Ατομική χρήση της εφαρμογής στην κατάσταση ατομικής χρήσης - I

Η μελέτη επικεντρώνεται στα μαθησιακά αποτελέσματα, στην ανάλυση της ποιότητας των διαλόγων, στη μη λεκτική επικοινωνία μεταξύ των μαθητών (ατομικά μαθησιακά αποτελέσματα, μαθησιακά αποτελέσματα των ομάδων, ατομικά λεκτικά γεγονότα, άθροισμα λεκτικών γεγονότων των ομάδων, ατομικά γεγονότα μη λεκτικής επικοινωνίας, άθροισμα γεγονότων μη λεκτικής επικοινωνίας των ομάδων) και συσχετίζει την επικοινωνία με τα μαθησιακά αποτελέσματα.

4.6 Αποτελέσματα και συζήτηση

Σε όλες τις μεταβλητές (αφού χωρίστηκαν ανά κατάσταση και ηλικιακή κατηγορία) διενεργήθηκαν έλεγχοι κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov και Shapiro-Wilk. Βρέθηκε ότι οι περισσότερες μεταβλητές δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν μη παραμετρικά στατιστικά εργαλεία: το Kruskal-Wallis test (K-W) για τη σύγκριση μεταξύ τεχνολογιών και το Mann-Whitney U test (M-W U) για τη σύγκριση μεταξύ ηλικιακής κατηγορίας ανά κατάσταση (πολλαπλής αφής - M, απλής αφής - S και ατομικής χρήσης - I). Σημειώνεται πως το Kruskal-Wallis test (K-W) χρησιμοποιείται για τη συσχέτιση μίας συνεχούς μεταβλητής με μια κατηγορική, η οποία αποτελείται από δύο ή περισσότερες κατηγορίες, και ενδείκνυται για τη σύγκριση των τριών καταστάσεων που εξετάζονται στην παρούσα μελέτη.

Σημειώνεται πως στη βιβλιογραφική επισκόπηση που πραγματοποιήθηκε στο Κεφάλαιο 3 δεν καταγράφηκε σημαντική απόκλιση ανάμεσα στη συμπεριφορά μαθητών του αντίθετου φύλου στα διαδραστικά τραπέζια και, κατά συνέπεια, η παρούσα μελέτη δεν εστιάζει στο θέμα αυτό. Ωστόσο, εξασφαλίστηκε η ισάριθμη παρουσία αγοριών και κοριτσιών και υπενθυμίζεται η ύπαρξη υπο-ομάδων ανά πρότερη καταγεγραμμένη ακαδημαϊκή επίδοση και ηλικία.

4.6.1 Μαθησιακά αποτελέσματα

Ο Πίνακας 4.5 συνοψίζει τη σύγκριση των αποτελεσμάτων του post-test που απαντήθηκε ατομικά από κάθε μαθητή στις τρεις καταστάσεις του δείγματος ανά ηλικία.

Πίνακας 4.5. Post-test στο χαρτί μετά τη δραστηριότητα στο διαδραστικό τραπέζι (άριστα=43)

Κατάσταση	Ηλικία	N	Μ.Ο.	Τ.Α.	M-W U test		K-W test								
					Z	P	χ ²	Df	P						
Μ – Πολλαπλής Αφής	12 χρ.	12	8,25	2,417	-2,069	,039*	,182	2	,913						
	13 χρ.	8	10,75	3,151											
	Σύνολο	20	9,25	2,936											
S – Μονής Αφής	12 χρ.	12	7,83	1,03	-1,787	,074				,182	2	,913			
	13 χρ.	8	14,75	12,021											
	Σύνολο	20	10,6	8,12											
Ι – Ατομική Χρήση	12 χρ.	12	8,25	2,8	-1,606	,108							,182	2	,913
	13 χρ.	8	12,13	5,987											
	Σύνολο	20	9,8	4,641											
*p<0.05															

Το post-test έδειξε πως στο σύνολο του δείγματος τα αποτελέσματα ήταν χαμηλά. Δεν ανιχνεύτηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στα αποτελέσματα του post-test μεταξύ των τριών καταστάσεων σύμφωνα με το Kruskal-Wallis test. Το Kruskal-Wallis test, επιπλέον, δεν

ανίχνευσε στατιστικά σημαντικές διαφορές στα αποτελέσματα του post-test μεταξύ των τριών καταστάσεων στην υποομάδα ηλικίας των 12 ετών. Αντίστοιχα, δεν ανιχνεύθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών καταστάσεων στην υποομάδα με ηλικία 13 ετών. Οι τιμές που καταγράφηκαν από τη σύγκριση των ατομικών αποτελεσμάτων του post-test στις τρεις καταστάσεις ήταν $\chi^2=0,075$, $df=2$, $p=0,963$ για τους μαθητές ηλικίας 13 ετών και $\chi^2=0,274$, $df=2$, $p=0,872$ για τους μαθητές ηλικίας 12 ετών.

Επιπρόσθετα, μέσω του Mann-Whitney U test ανιχνεύθηκε σημαντική απόκλιση στα αποτελέσματα του post-test ανάμεσα στις ηλικιακές ομάδες των 12 και 13 ετών ($p=0,039<0,05$) στην κατάσταση πολλαπλής αφής - M, μια και οι δεκατριάχρονοι μαθητές ήταν αρκετά πιο έμπειροι στον προγραμματισμό.

Το ενδιαφέρον στοιχείο είναι πως αντίστοιχη σημαντική διαφορά δεν ανιχνεύθηκε στις καταστάσεις ατομικής χρήσης - I και απλής αφής - S. Σημειώνεται, ακόμα, πως ο μόνος μαθητής σε ολόκληρο το δείγμα που παρέδωσε αλάνθαστο το post-test (43 βαθμοί) άνηκε στην κατάσταση απλής αφής - S, με τον δεύτερο μαθητή (κατάσταση I) να ακολουθεί με πολύ χαμηλότερη βαθμολογία (23), γεγονός που εξηγεί τον μεγάλο μέσο όρο και την υψηλή τυπική απόκλιση, καθώς και καταδεικνύει το γεγονός πως το post-test ήταν σχετικά απαιτητικό, αν και παρεμφερές με τις δραστηριότητες που πραγματοποιήθηκαν στο διαδραστικό τραπέζι.

Ο Πίνακας 4.6 συνοψίζει τη σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων στη χρήση του διαδραστικού τραπεζιού ανά κατάσταση και ανά ηλικία σε κάθε κατάσταση, κατά τη διεξαγωγή της δραστηριότητας στο διαδραστικό τραπέζι (αντίθετα με τον Πίνακα 4.5 που αναφέρεται στο ατομικό αποτέλεσμα κάθε μαθητή ξεχωριστά σε χαρτί μετά τη διεξαγωγή της δραστηριότητας).

Πίνακας 4.6. Μαθησιακά αποτελέσματα κατά τη χρήση της εφαρμογής στο τραπέζι

Κατάσταση	Ηλικία	N	Μ.Ο.	Τ.Α.	M-W U test		K-W test								
					Z	P	χ^2	Df	P						
Μ – Πολλαπλής Αφής	12 χρ.	12	15,33	5,46	-3,874	0,00*	1,35	2	,509						
	13 χρ.	8	55	17,101											
	Σύνολο	20	31,2	22,853											
S – Μονής Αφής	12 χρ.	12	15,33	1,155	-4,091	0,00*				1,35	2	,509			
	13 χρ.	8	49,50	22,984											
	Σύνολο	20	29	22,143											
I – Ατομική Χρήση	12 χρ.	12	17,67	10,138	-2,132	0,033*							1,35	2	,509
	13 χρ.	8	36,63	23,82											
	Σύνολο	20	25,25	18,957											
*p<0,05															

Προκύπτει πως δεν ανιχνεύθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών καταστάσεων σύμφωνα με το Kruskal-Wallis test. Το Kruskal-Wallis test, επιπλέον, δεν

ανίχνευσε στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις τρεις καταστάσεις ξεχωριστά για μαθητές με ηλικία 12 ετών, ούτε και σε εκείνους με ηλικία 13 ετών. Οι τιμές που καταγράφηκαν ήταν $\chi^2=2,699$, $df=2$, $p=0,259$ για τους μαθητές ηλικίας 13 ετών και $\chi^2=1,348$, $df=2$, $p=0,51$ για τους μαθητές ηλικίας 12 ετών.

Το Mann-Whitney U test ανίχνευσε σημαντική απόκλιση των αποτελεσμάτων κατά τη χρήση της εφαρμογής στο τραπέζι ανάμεσα στις ηλικιακές ομάδες των 12 και 13 ετών και στις τρεις καταστάσεις ($p<0,05$), λόγω της πρότερης εμπειρίας των δεκατριάχρονων μαθητών στον προγραμματισμό.

4.6.2 Μαθησιακά αποτελέσματα και πρότερα καταγεγραμμένη επίδοση μαθητών

Ο Πίνακας 4.7 εστιάζει στη σύγκριση των αποτελεσμάτων του post-test με την καταγεγραμμένη επίδοση των μαθητών (καλός-Κ ή μέτριος-Με μαθητής) ανά κατάσταση και ηλικιακή κατηγορία (12 ή 13 ετών). Υπενθυμίζεται πως η σύνθεση κάθε ομάδας της κατάστασης πολλαπλής αφής - Μ και κάθε ομάδας της κατάστασης απλής αφής - Σ ήταν από άτομα της ίδιας ηλικίας, και συγκεκριμένα από δύο μαθητές υψηλής επίδοσης $>6+$ ή $>C+$ (ένα αγόρι και ένα κορίτσι) και δύο μαθητές μέτριας επίδοσης >4 ή $>D$ και $\leq 6+$ ή $\leq C+$ (και πάλι ένα αγόρι και ένα κορίτσι). Η ίδια αναλογία φύλου και ακαδημαϊκής επίδοσης διατηρήθηκε κατά την επιλογή των μαθητών που συμμετείχαν στην κατάσταση ατομικής χρήσης - Ι.

Σκοπός της σύγκρισης αυτής είναι να αναδειχθεί η συσχέτιση ανάμεσα στα αποτελέσματα του post-test και στις τρεις καταστάσεις και ειδικά στις υποομάδες των καλών ή μέτριων μαθητών.

Πίνακας 4.7. Post-test και καταγεγραμμένη επίδοση των μαθητών πριν από την έρευνα

Ομάδα	Κατάσταση	K-W test (Κ)			K-W test (Με)		
		χ^2	Df	P	χ^2	Df	P
Μαθητές 12 ετών 4 μαθητές (Κ) και 4 μαθητές (Με) ανά κατάσταση	Μ – Πολλαπλής Αφής	,847	2	,655	,25	2	,882
	Σ – Μονής Αφής						
	Ι – Ατομική Χρήση						
Μαθητές 13 ετών 6 μαθητές (Κ) και 6 μαθητές (Με) ανά κατάσταση	Μ – Πολλαπλής Αφής	1,776	2	,412	,969	2	,616
	Σ – Μονής Αφής						
	Ι – Ατομική Χρήση						
Συνολικά (Μαθητές 12 και 13 ετών) 10 μαθητές (Κ) και 10 μαθητές (Με) ανά κατάσταση	Μ – Πολλαπλής Αφής	,25	2	,882	,849	2	,654
	Σ – Μονής Αφής						
	Ι – Ατομική Χρήση						

Στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών καταστάσεων δεν ανιχνεύθηκαν σύμφωνα με το Kruskal-Wallis test. Το Kruskal-Wallis test, επιπλέον, δεν ανίχνευσε στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις τρεις καταστάσεις ειδικά στην υποομάδα των καλών μαθητών - Κ, ή

στην υποομάδα των μέτριων - Με μαθητών. Κατά συνέπεια, οι ομάδες και υποομάδες του δείγματος ήταν ισοδύναμες.

Παρακάτω διερευνάται αν τα ομαδικά αποτελέσματα κατά τη δραστηριότητα στο διαδραστικό τραπέζι στις καταστάσεις πολλαπλής αφής - Μ και απλής αφής - S σχετίζονται με το ατομικό αποτέλεσμα του post-test για κάθε μέλος των ομάδων περισσότερο από ό,τι στους μαθητές που δούλεψαν εξ ολοκλήρου ατομικά - κατάσταση Ι. Ειδικό βάρος δίνεται στην ξεχωριστή μελέτη των δύο υποομάδων επίδοσης (καλοί - Κ και μέτριοι - Με μαθητές) ανεξάρτητα από την ηλικία.

Δεδομένου ότι οι μεταβλητές «Αποτέλεσμα post-test» και «Αποτέλεσμα χρήσης διαδραστικού τραπεζιού» δεν ακολουθούν κανονική κατανομή σύμφωνα με το Kolmogorov-Smirnov test, η συσχέτιση των δύο μεταβλητών μελετάται ανά κατάσταση με βάση τον συντελεστή συσχέτισης Spearman. Ο συντελεστής αυτός αποτελεί ένα από τα πιο διαδεδομένα μη-παραμετρικά μέτρα της στατιστικής εξάρτησης μεταξύ δύο μεταβλητών και διερευνά την ύπαρξη μονοτονικής εξάρτησης μεταξύ τους (Hauke & Kossowski, 2011). Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 4.8.

Πίνακας 4.8. Συσχέτιση post-test και ομαδικού αποτελέσματος στο διαδραστικό τραπέζι

Ομάδα	Κατάσταση	Συντελεστής Συσχέτισης Spearman	
		r_s	P
Μαθητές (Κ) 10 μαθητές ανά κατάσταση	M – Πολλαπλής Αφής	,338	,034*
	S – Μονής Αφής	,659	,038*
	I – Ατομική Χρήση	,806	,049*
Μαθητές (Με) 10 μαθητές ανά κατάσταση	M – Πολλαπλής Αφής	,683	,03*
	S – Μονής Αφής	,451	,191
	I – Ατομική Χρήση	,549	,1
*p<0,05			

Από τον Πίνακα 4.8 προκύπτει θετική συσχέτιση ανάμεσα στα αποτελέσματα των ατομικών post-tests και στα αποτελέσματα στο διαδραστικό τραπέζι για τους μαθητές της υποομάδας Κ (καλοί μαθητές) και στις τρεις καταστάσεις ($p<0,05$ και $r_s=0,338$, $r_s=0,659$ και $r_s=0,806$ για τις καταστάσεις πολλαπλής αφής - Μ, απλής αφής - S και ατομικής χρήσης - Ι αντίστοιχα). Η συσχέτιση αυτή είναι ισχυρότερη στους μαθητές που δούλεψαν ομαδικά έναντι εκείνων που δούλεψαν εξολοκλήρου ατομικά. Το πιο ενδιαφέρον στοιχείο που προκύπτει, ωστόσο, είναι πως μόνο στην κατάσταση πολλαπλής αφής - Μ εμφανίστηκε αντίστοιχη ισχυρή, στατιστικά

σημαντική και θετική συσχέτιση ανάμεσα στα αποτελέσματα των ατομικών post-tests και στα αποτελέσματα στο διαδραστικό τραπέζι για τους μαθητές της υποομάδας Με (μέτριοι μαθητές) με $p=0,03<0.05$.

4.6.3 Λεκτική επικοινωνία

Η σύγκριση στο επίπεδο αυτό πραγματοποιείται αποκλειστικά ανάμεσα στις καταστάσεις πολλαπλής αφής - Μ και απλής αφής - Σ, αφού οι μαθητές στην κατάσταση ατομικής χρήσης - Ι εργάστηκαν ατομικά. Στον Πίνακα 4.9 συγκρίνεται το πλήθος εμφάνισης κάθε γεγονότος λεκτικής επικοινωνίας από κάθε μαθητή για καθεμία από τις μεταβλητές που περιγράφονται στον Πίνακα 4.4 μέσω του Mann-Whitney U test.

Πίνακας 4.9. Λεκτική επικοινωνία στις καταστάσεις πολλαπλής – Μ και απλής αφής – Σ

Κωδικός γεγονότος	Κατάσταση	Μ.Ο.	Τ.Α.	M-W U test	
				Z	P
S	M	1,5	1,504	-.555	,579
	S	1,8	1,704		
SE	M	3,1	3,726	-1,286	,198
	S	1,25	1,372		
U	M	5,4	5,816	-1,967	,049*
	S	8,6	6,202		
D	M	8,2	6,118	-1,058	,29
	S	9,85	5,194		
SU	M	,85	1,309	-1,44	,15
	S	,35	,745		
ACK	M	1,6	2,458	-,603	,546
	S	1,95	2,724		
M (Μεταγνωστικό)	M	1,9	2,337	-,589	,556
	S	1,35	1,872		
QYN	M	1,35	2,346	-,603	,546
	S	1,2	1,24		
QWH	M	1,8	2,546	-1,317	,188
	S	,8	1,005		
AYN	M	,55	1,099	-,701	,483
	S	,6	,883		
AWH	M	,1	,308	-1,632	,103
	S	,4	,681		
FP	M	2,3	2,296	-,86	,39
	S	1,55	1,538		
FNON	M	2,8	3,071	-1,458	,145
	S	1,1	1,334		
O	M	1,8	2,167	-1,601	,109
	S	1,00	1,717		
*p<0,05					

Τα αποτελέσματα των Mann-Whitney U tests δεν έδειξαν γενικά σημαντική στατιστική διαφορά στο επίπεδο των διαλόγων ανάμεσα στις δύο καταστάσεις, εκτός από την περίπτωση των διαλόγων όπου οι μαθητές εξέφραζαν άποψη ή έλλειψη σιγουριάς - U. Τέτοιοι διάλογοι καταγράφηκαν περισσότερο στην κατάσταση απλής αφής - S με $MO=8,6$ έναντι $5,4$ της κατάστασης πολλαπλής αφής - M και $TA=5,816$ έναντι $6,202$ της κατάστασης πολλαπλής αφής - M).

4.6.4 Λεκτική επικοινωνία και μαθησιακά αποτελέσματα

Στις καταστάσεις πολλαπλής αφής - M και απλής αφής - S πραγματοποιήθηκε μέσω της εύρεσης του συντελεστή Spearman ξεχωριστός έλεγχος σε κάθε μεταβλητή των ατομικών γεγονότων στους διάλογους, έτσι ώστε να συσχετιστούν εκείνα με τα ατομικά αποτελέσματα του post-test. Στην κατάσταση απλής αφής - S προέκυψε ισχυρή θετική συσχέτιση των ατομικών γεγονότων SE (δηλώσεις σχετικές με επεξήγηση / αιτιολόγηση / συμπέρασμα) με τα ατομικά αποτελέσματα των post-tests ($r_s = ,591$ και $p = ,006$) και, επίσης, θετική συσχέτιση των ατομικών γεγονότων QYN (ερώτηση που απαντάται με ναι ή όχι) με τα ατομικά αποτελέσματα των post-tests ($r_s = ,491$ και $p = ,028$). Στην κατάσταση πολλαπλής αφής - M δεν ανιχνεύτηκε κάποια αντίστοιχη συσχέτιση.

Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε μέσω της εύρεσης του συντελεστή Spearman, ξεχωριστός έλεγχος σε κάθε μεταβλητή που αφορά σε ομαδικά γεγονότα διαλόγων (δηλαδή, στο άθροισμα των ξεχωριστών ατομικών γεγονότων ανά ομάδα), έτσι ώστε εκείνα να συσχετιστούν με τα ατομικά αποτελέσματα του post-test. Δηλαδή, μελετήθηκε αν το άθροισμα των ομοειδών ατομικών γεγονότων λεκτικής επικοινωνίας σχετίζεται με τα ατομικά αποτελέσματα των μαθητών στις καταστάσεις πολλαπλής αφής - M και απλής αφής - S συνολικά και στις υποομάδες K (καλοί μαθητές) και Mε (μέτριοι).

Στην κατάσταση πολλαπλής αφής - M ανιχνεύτηκε ισχυρή θετική συσχέτιση του αθροίσματος των γεγονότων SE ανά ομάδα (δηλώσεις σχετικές με επεξήγηση / αιτιολόγηση / συμπέρασμα) με τα ατομικά αποτελέσματα των μελών της ομάδας στα post-tests ($r_s = ,5$ και $p = ,024$), αρνητική συσχέτιση του αθροίσματος των γεγονότων U (άποψη ή έκφραση αβεβαιότητας) με τα ατομικά αποτελέσματα των μελών της ομάδας στα post-tests ($r_s = -,46$ και $p = ,041$) και θετική συσχέτιση του αθροίσματος των γεγονότων FP ανά ομάδα (θετική ανατροφοδότηση) με τα ατομικά αποτελέσματα των μελών της ομάδας στα post-tests ($r_s = ,457$ και $p = ,043$).

Στην κατάσταση απλής αφής - S ανιχνεύτηκε θετική συσχέτιση του αθροίσματος των γεγονότων SE ανά ομάδα (δηλώσεις σχετικές με επεξήγηση / αιτιολόγηση / συμπέρασμα) με τα ατομικά αποτελέσματα των μελών της ομάδας στα post-tests ($r_s = ,483$ και $p = ,031$), θετική συσχέτιση του

αθροίσματος των γεγονότων ACK ανά ομάδα (δηλώσεις επιβεβαίωσης) με τα ατομικά αποτελέσματα των μελών της ομάδας στα post-tests ($r_s = ,49$ και $p = ,028$) και ασθενής θετική συσχέτιση του αθροίσματος των γεγονότων M ανά ομάδα (μεταγνωστικές δηλώσεις) με τα ατομικά αποτελέσματα των μελών της ομάδας στα post-tests ($r_s = ,445$ και $p = ,049$).

Επιπλέον, ειδικά για τους μαθητές της υποομάδας Με (μέτριοι μαθητές) στην κατάσταση πολλαπλής αφής - M, η εύρεση του συντελεστή Spearman ανίχνευσε ισχυρή θετική συσχέτιση του αθροίσματος γεγονότων SE ανά ομάδα (δηλώσεις σχετικές με επεξήγηση / αιτιολόγηση / συμπέρασμα) με τα ατομικά αποτελέσματα των μέτριων μαθητών της ομάδας στα post-tests ($r_s = ,685$ και $p = ,029$). Δεν ανιχνεύτηκε άλλη αντίστοιχη συσχέτιση στην κατάσταση πολλαπλής αφής - M ανά υποομάδα (καλοί μαθητές - K ή μέτριοι μαθητές - Με).

Ειδικά για τους μαθητές της υποομάδας K (καλοί μαθητές) στην κατάσταση απλής αφής - S, η εύρεση του συντελεστή συσχέτισης Spearman ανίχνευσε ισχυρή θετική συσχέτιση του αθροίσματος γεγονότων SE ανά ομάδα (συνολικά, δηλαδή, όλες οι σχετικές δηλώσεις με επεξήγηση / αιτιολόγηση / συμπέρασμα) με τα ατομικά αποτελέσματα των καλών μαθητών της ομάδας στα post-tests ($r_s = ,685$ και $p = ,029$), θετική συσχέτιση του αθροίσματος γεγονότων ACK ανά ομάδα (δηλώσεις επιβεβαίωσης) με τα ατομικά αποτελέσματα των καλών μαθητών της ομάδας στα post-tests ($r_s = ,659$ και $p = ,038$) και ισχυρή θετική συσχέτιση του αθροίσματος γεγονότων AWH ανά ομάδα (απαντήσεις σε ερωτήσεις σχετικά με το πού / πότε / πώς) με τα ατομικά αποτελέσματα των καλών μαθητών της ομάδας στα post-tests ($r_s = ,701$ και $p = ,024$). Δεν ανιχνεύτηκε άλλη αντίστοιχη συσχέτιση στην κατάσταση απλής αφής - S ανά υποομάδα (καλοί μαθητές - K ή μέτριοι μαθητές - Με).

Στην κατάσταση απλής αφής - S προέκυψε ισχυρή θετική συσχέτιση των ατομικών γεγονότων SE (δηλώσεις σχετικές με επεξήγηση / αιτιολόγηση / συμπέρασμα) με τα ατομικά αποτελέσματα των post-tests ($r_s = ,591$ και $p = ,006$) και, επίσης, θετική συσχέτιση των ατομικών γεγονότων QYN (ερώτηση που απαντάται με ναι ή όχι) με τα ατομικά αποτελέσματα των post-tests ($r_s = ,491$ και $p = ,028$).

Στις καταστάσεις πολλαπλής αφής - M και απλής αφής - S πραγματοποιήθηκε μέσω της εύρεσης του συντελεστή Spearman ξεχωριστός έλεγχος για το άθροισμα κάθε είδους γεγονότων στους διάλογους ανά ομάδα, έτσι ώστε να συσχετιστούν εκείνα τα αποτελέσματα με τα ομαδικά από τη δραστηριότητα πάνω στο τραπέζι για κάθε ομάδα. Στην κατάσταση πολλαπλής αφής - M προέκυψε ισχυρή θετική συσχέτιση των αθροισμάτων γεγονότων SE (δηλώσεις σχετικές με επεξήγηση / αιτιολόγηση / συμπέρασμα) ανά ομάδα με τα ομαδικά αποτελέσματα από τη δραστηριότητα στο διαδραστικό τραπέζι ($r_s = 0.97468$ και $p = 0.00482$).

Στην κατάσταση απλής αφής - S προέκυψε ισχυρή θετική συσχέτιση των αθροισμάτων γεγονότων ACK (δηλώσεις επιβεβαίωσης) ανά ομάδα με τα ομαδικά αποτελέσματα από τη δραστηριότητα στο διαδραστικό τραπέζι ($r_s = 1$ και $p=0$), ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των αθροισμάτων γεγονότων M (μεταγνωστικά σχόλια) ανά ομάδα με τα ομαδικά αποτελέσματα από τη δραστηριότητα στο διαδραστικό τραπέζι ($r_s = 0.91766$ και $p= 0.02801$), συσχέτιση μεταξύ των αθροισμάτων γεγονότων QYN (ερωτήσεις που απαιτούν απάντηση τύπου Ναι/Όχι) ανά ομάδα με τα ομαδικά αποτελέσματα από τη δραστηριότητα στο διαδραστικό τραπέζι ($r_s = 0.89443$ και $p= 0.04052$) και συσχέτιση μεταξύ των αθροισμάτων γεγονότων AWH (απαντήσεις σε ερωτήσεις τύπου Ποιος / Πού / Τι / Πότε) ανά ομάδα με τα ομαδικά αποτελέσματα από τη δραστηριότητα στο διαδραστικό τραπέζι ($r_s = 0.88388$ και $p= 0.04666$).

4.6.5 Μη λεκτική επικοινωνία

Για κάθε μία από τις μεταβλητές που περιγράφονται στην ενότητα 4.5.5 συγκρίνεται, στις καταστάσεις πολλαπλής αφής - M και απλής αφής - S, το ατομικό πλήθος εμφάνισης κάθε γεγονότος μη λεκτικής επικοινωνίας από κάθε μαθητή μέσω του Mann-Whitney U test. Η σύγκριση συνοψίζεται στον Πίνακα 4.10.

Πίνακας 4.10. Ατομικά γεγονότα μη λεκτικής επικοινωνίας στις καταστάσεις πολλαπλής και απλής αφής (M και S)

Κωδικός γεγονότος	Κατάσταση	Μ.Ο.	Τ.Α.	M-W U test	
				Z	P
HG	M	51,15	26,212	-2,192	,028*
	S	32,8	13,536		
DG	M	15,1	9,738	-1,497	,14
	S	11,05	5,88		
AG	M	33,25	23,648	-1,15	,25
	S	35,05	15,373		
MG	M	11,4	13,096	-1,167	,243
	S	6,6	5,707		
PG	M	14,45	7,803	,001	,001*
	S	5,9	4,909		
*p<0,05					

Το Mann-Whitney U test ανίχνευσε στατιστικά σημαντική διαφορά στην ποσότητα των χειρονομιών διάδρασης ανά μαθητή με το διαδραστικό τραπέζι ($Z=-2,192$ και $p=0,28<0,05$) με την κατάσταση πολλαπλής αφής - M να υπερτερεί ($MO=51,15$ και $TA=26,212$) έναντι της κατάστασης απλής αφής - S που είχε $MO=32,8$ και $TA=13,536$. Ενδιαφέρον έχει το γεγονός πως η κατάσταση πολλαπλής αφής - M υπερτερεί σημαντικά ($Z=0,001$ και $p=,001$) έναντι της κατάστασης απλής αφής - S στην ποσότητα των χειρονομιών PG (χειρονομίες υπογράμμισης).

Οι ΜΟ των χειρονομιών αυτών ήταν 14,45 και 5,9 στις καταστάσεις Μ και S αντίστοιχα με ΤΑ=7,803 και 4,909 ανά μαθητή.

4.6.6 Μη λεκτική επικοινωνία και μαθησιακά αποτελέσματα

Στις καταστάσεις πολλαπλής αφής - Μ και απλής αφής - S πραγματοποιήθηκε μέσω της εύρεσης του συντελεστή Spearman ξεχωριστός έλεγχος σε κάθε μεταβλητή των ατομικών γεγονότων μη λεκτικής επικοινωνίας ώστε να βρεθεί ενδεχόμενη συσχέτιση με τα ατομικά αποτελέσματα του post-test. Μετά τον έλεγχο δε διαπιστώθηκε καμία συσχέτιση.

Στην κατάσταση πολλαπλής αφής - Μ ανιχνεύθηκε θετική συσχέτιση του αθροίσματος των μεταφορικών χειρονομιών ΜG ανά ομάδα με τα ατομικά αποτελέσματα των μελών της ομάδας στα post-tests ($r_s = ,437$ και $p = ,054$ ελαφρώς πάνω από 0,05) και ισχυρή αρνητική συσχέτιση του συνολικού αριθμού χειρονομιών προσαρμογών ΑG ανά ομάδα με τα ατομικά αποτελέσματα των μελών της ίδιας ομάδας στα post-tests ($r_s = -,543$ και $p = ,013$).

Είναι ενδιαφέρον πως στην κατάσταση απλής αφής - S ανιχνεύθηκε ισχυρή αρνητική συσχέτιση του αθροίσματος των διαχειριστικών χειρονομιών ΗG ανά ομάδα (δηλαδή, της άμεσης διεπαφής με το διαδραστικό τραπέζι) με τα ατομικά αποτελέσματα των μελών της ομάδας στα post-tests ($r_s = -,495$ και $p = ,026$).

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε μέσω της εύρεσης του συντελεστή Spearman, ξεχωριστός έλεγχος σε κάθε μεταβλητή που αφορά σε ομαδικά γεγονότα μη λεκτικής επικοινωνίας (δηλαδή, στο άθροισμα των ξεχωριστών χειρονομιών ανά ομάδα), έτσι ώστε να διερευνηθεί ενδεχόμενη συσχέτιση με τα ατομικά αποτελέσματα του post-test ανά επίδοση μαθητών. Δηλαδή, μελετήθηκε αν το άθροισμα των ομοειδών γεγονότων μη λεκτικής επικοινωνίας σε κάθε ομάδα σχετίζεται με τα ατομικά αποτελέσματα των μελών της στις καταστάσεις πολλαπλής αφής - Μ και απλής αφής - S, ειδικά στις υποομάδες Κ (καλοί μαθητές) και Με (μέτριοι).

Στην κατάσταση πολλαπλής αφής - Μ ανιχνεύθηκε αρνητική συσχέτιση των αθροισμάτων των χειρονομιών προσαρμογών ανά ομάδα με τα ατομικά αποτελέσματα των μέτρων μαθητών (μαθητές Με) στο post-test ($r_s = -,646$ και $p = ,044$).

Στην κατάσταση απλής αφής - S ανιχνεύθηκε ισχυρή αρνητική συσχέτιση του αθροίσματος των διαχειριστικών χειρονομιών στο διαδραστικό τραπέζι ανά ομάδα (δηλαδή της άμεσης διεπαφής με το τεχνολογικό μέσο) με τα ατομικά αποτελέσματα των μέτρων μαθητών (μαθητές Με) στο post-test ($r_s = -,828$ και $p = ,003$). Επιπλέον, στην κατάσταση απλής αφής - S ανιχνεύθηκε ασθενής θετική συσχέτιση του αθροίσματος των μεταφορικών χειρονομιών ΜG, αλλά και των δεικτικών χειρονομιών DG ανά ομάδα με τα ατομικά αποτελέσματα των μέτρων

μαθητών της ομάδας (μαθητές Με) στα post-tests με τον ίδιο τρόπο αριθμητικά ($r_s = ,639$ και $p = ,047$ και για τα δύο είδη χειρονομιών).

Στις καταστάσεις πολλαπλής αφής - M και απλής αφής - S πραγματοποιήθηκε μέσω της εύρεσης του συντελεστή Spearman ξεχωριστός έλεγχος για το άθροισμα κάθε είδους γεγονότων μη λεκτικής επικοινωνίας ανά ομάδα, έτσι ώστε να συσχετιστούν εκείνα με τα ομαδικά αποτελέσματα από τη δραστηριότητα πάνω στο τραπέζι για κάθε ομάδα. Στην κατάσταση πολλαπλής αφής - M προέκυψε αρνητική συσχέτιση των αθροισμάτων των δεικτικών χειρονομιών (DG) με τα ομαδικά αποτελέσματα από τη δραστηριότητα πάνω στο τραπέζι ($r_s = -0.89474$ και $p = 0.04034$). Στην κατάσταση απλής αφής - S προέκυψε αρνητική συσχέτιση του αθροίσματος χειρονομιών προσαρμογών (AG) με τα ομαδικά αποτελέσματα από τη δραστηριότητα πάνω στο τραπέζι ($r_s = -0.89443$ και $p = 0.04052$).

4.6.7 Παρατήρηση της μη λεκτικής επικοινωνίας

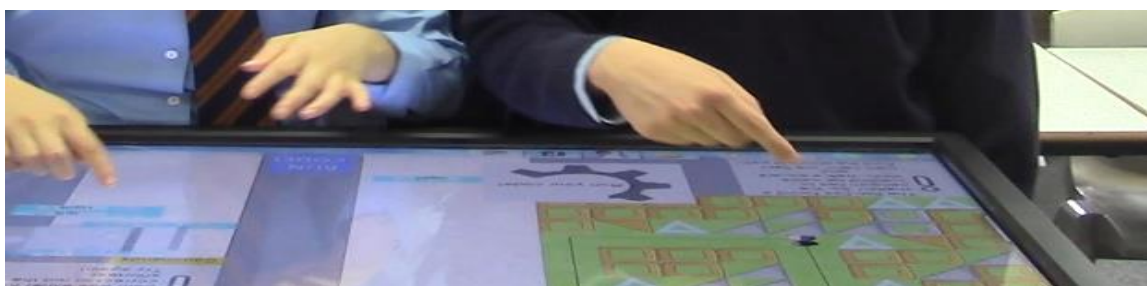
Ακολουθούν παρατηρήσεις αναφορικά με την ποιότητα της μη λεκτικής επικοινωνίας στις ομάδες που εργάστηκαν στις καταστάσεις πολλαπλής αφής - M και απλής αφής - S.

Ένα από τα πιο εντυπωσιακά χαρακτηριστικά της μη λεκτικής επικοινωνίας που καταγράφηκε και στις δύο καταστάσεις ήταν οι μεταφορικές χειρονομίες κατά τη διάρκεια της διεξαγωγής του πειράματος. Οι μαθητές, συχνά δίχως να μιλάνε, περιέγραφαν τις εντολές που έπρεπε κατά τη γνώμη τους να προγραμματίσει η ομάδα. Αυτό συνέβαινε με τη βοήθεια των χεριών και, συχνά, ολόκληρου του σώματός τους με κίνηση κοντά, πάνω ή γύρω από το τραπέζι. Υπήρξε περίπτωση μαθητών της ίδιας ομάδας στην κατάσταση M, που κατά βάση διαπραγματεύονταν με αυτόν τον τρόπο κάνοντας τέτοιες χειρονομίες ακόμα και ταυτόχρονα, χωρίς να μιλήσουν ιδιαίτερα. Ένα τέτοιο στιγμιότυπο παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.9.



Σχήμα 4.9. Ταυτόχρονες μεταφορικές χειρονομίες για να περιγραφεί η πορεία του χαρακτήρα

Οι χειρονομίες (για παράδειγμα οι δεικτικές χειρονομίες) αποτελούν σημαντικό μέρος της επικοινωνίας των μαθητών. Είναι προφανές πως πολύ δύσκολα μπορούν να πραγματοποιηθούν αν οι μαθητές δε βρίσκονται στον ίδιο φυσικό χώρο. Στο σχήμα 4.10 παρουσιάζεται ένα στιγμιότυπο ταυτόχρονων δεικτικών χειρονομιών από δύο μαθητές.



Σχήμα 4.10. Δεικτικές χειρονομίες

Ένα ιδιαίτερο στοιχείο της μη λεκτικής επικοινωνίας και στις δύο καταστάσεις ήταν οι χειρονομίες προσαρμογείς. Φαίνεται πως έδιναν σημαντικά στοιχεία και τον τόνο στην υπόλοιπη ομάδα σχετικά με τη συναίνεση ή ανοχή ενός μαθητή για την πορεία του κοινού τους έργου, όπως φαίνεται στο στιγμιότυπο του Σχήματος 4.11.



Σχήμα 4.11. Μη λεκτική αρνητική ανατροφοδότηση από μαθήτρια

Ειδικά στην κατάσταση απλής αφής - S, ο μαθητής που διατηρούσε τη διεπαφή με το διαδραστικό τραπέζι εναλλασσόταν αρκετά συχνά. Σε ομάδες με υψηλό επίπεδο οργάνωσης η εναλλαγή του «κατόχου» της διάδρασης γινόταν με μη λεκτικά σήματα όπως, για παράδειγμα, με τίναγμα των δαχτύλων. Ένα τέτοιο στιγμιότυπο παρουσιάζεται στα Σχήματα 4.12-4.14.



Σχήματα 4.12-4.14. Μη λεκτικό σήμα για εναλλαγή του «κατόχου» της διάδρασης

Στην κατάσταση πολλαπλής αφής - M συχνό ήταν το φαινόμενο δύο ή περισσότεροι μαθητές να μετακινούν από κοινού ένα πλακίδιο εκφράζοντας, έτσι, μία μορφή άμεσης συμφωνίας που σχεδόν ποτέ δεν συνοδευόταν από κάποιο σχόλιο. Στιγμιότυπο ενός τέτοιου γεγονότος παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.15.



Σχήμα 4.15. Ταυτόχρονη μετακίνηση πλακιδίου στην κατάσταση πολλαπλής αφής - M

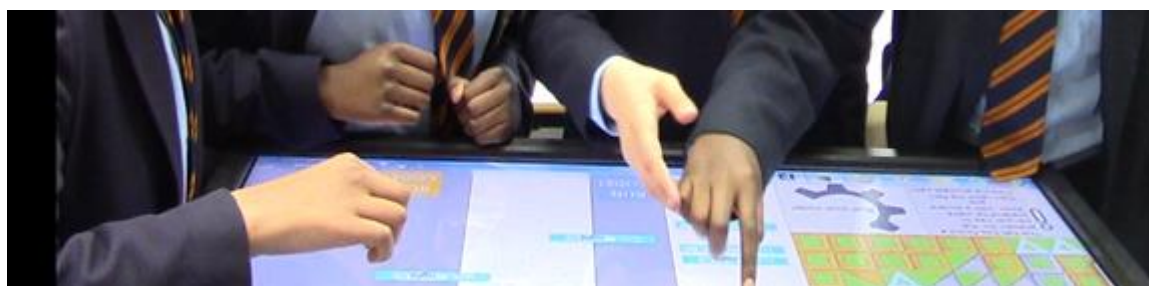
Τα φαινόμενα παρεμπόδισης ήταν υπαρκτά και στις δύο καταστάσεις και θεωρούνται στοιχείο μίας υγιούς διαπραγμάτευσης σε αυτές τις ηλικίες. Ωστόσο, παρατηρήθηκαν διαφορετικά χαρακτηριστικά ανά κατάσταση. Οι μαθητές, στην κατάσταση πολλαπλής αφής - M, σχεδόν ποτέ δεν πίεζαν ένα πλακίδιο επίμονα για να μην τους το πάρει κάποιος άλλος, φαινόμενο που, αντιθέτως, παρατηρήθηκε αρκετές φορές στην κατάσταση απλής αφής - S. Το γεγονός αυτό θεωρείται αναμενόμενο γιατί μόνο με αυτόν τον τρόπο μπορούσαν να διατηρήσουν την αποκλειστικότητα της διεπαφής με το διαδραστικό τραπέζι. Συνήθως οι μαθητές στην κατάσταση πολλαπλής αφής - M είχαν τη δυνατότητα να μετακινήσουν κάποιο άλλο ομοειδές πλακίδιο αν αυτό ήταν αναγκαίο και, έτσι, δεν είχε νόημα να πιέσει κανείς επίμονα το πλακίδιο που χρησιμοποιούσε. Αντίθετα, στην κατάσταση απλής αφής - S αυτό δεν ήταν δυνατό, μια και η ταυτόχρονη μετακίνηση δύο πλακιδίων δεν μπορούσε να πραγματοποιηθεί.

Κάποιοι μαθητές, πιθανότατα για να τονίσουν στοιχεία της λύσης που περιέγραφαν, εστίαζαν στον ψηφιακό χώρο ενός αντικειμένου και με δεικτικές ή μεταφορικές χειρονομίες περιέγραφαν ενώ, ταυτόχρονα εμποδίζαν κάποιον συνεργάτη τους να χρησιμοποιήσει αντίστοιχες χειρονομίες πάνω από το ίδιο σημείο, όπως φαίνεται για παράδειγμα στο στιγμιότυπο του Σχήματος 4.16.

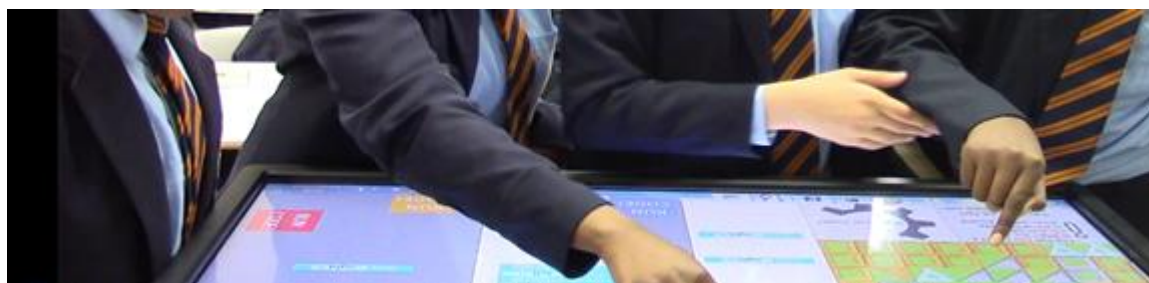


Σχήμα 4.16. Παρεμπόδιση σε σημείο χωρίς αντικείμενο που να μπορεί να μετακινηθεί

Στην κατάσταση απλής αφής - S δεν ήταν σπάνιο ένας μαθητής να σπρώχνει το χέρι συνεργάτη του για να μπορέσει εκείνος ή κάποιος τρίτος να μετακινήσει ένα άλλο ή το ίδιο ψηφιακό αντικείμενο, όπως φαίνεται σε στιγμιότυπα στα Σχήματα 4.17 και 4.18. Το γεγονός αυτό παρατηρήθηκε πολύ λιγότερο στην κατάσταση πολλαπλής αφής - M.



Σχήμα 4.17. Παρεμπόδιση στην κατάσταση απλής αφής - S με σκοπό την ανάληψη της διεπαφής



Σχήμα 4.18. Παρεμπόδιση με σκοπό τη διάδραση για λογαριασμό τρίτου (απλή αφή)

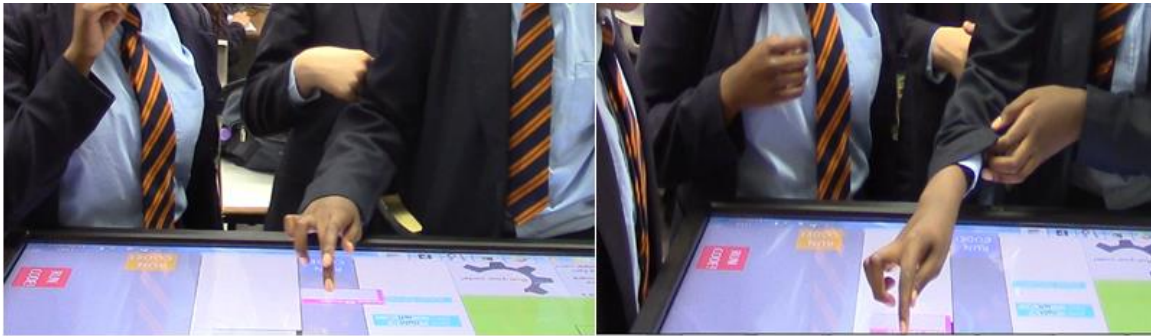
Στη κατάσταση απλής αφής - S παρουσιάστηκε αρκετές φορές το φαινόμενο ακούσιες επαφές με το διαδραστικό τραπέζι να παρεμποδίζουν την ομαλή διεξαγωγή μιας διαχειριστικής χειρονομίας πάνω σε αυτό (επαφή με τα μανίκια ή ασυναίσθητο και, συχνά, άσκοπο άγγιγμα του τραπεζιού από άλλον μαθητή), όπως για παράδειγμα στο στιγμιότυπο του Σχήματος 4.19. Σε τέτοιες περιπτώσεις η ακούσια διεπαφή διέκοπτε την ομαλή διεπαφή.



Σχήμα 4.19. Πρόβλημα στη διάδραση λόγω επαφής του μανικιού μαθητή με το τραπέζι

Η παρεμπόδιση στην κατάσταση S είχε ένα πολύ βασικό χαρακτηριστικό. Ένας μαθητής, ακριβώς λόγω του χαρακτήρα της απλής αφής, παρεμπόδιζε με το σώμα του στην ουσία

ολόκληρη την ομάδα και όχι μόνο έναν συνεργάτη του, με στόχο την αποκλειστική διατήρηση της διεπαφής. Στα Σχήματα 4.20 και 4.21, ένας μαθητής στην ουσία παίρνει τη θέση κάποιου άλλου μπροστά από το διαδραστικό τραπέζι, τον τοποθετεί πίσω του και ταυτόχρονα σηκώνει το μανίκι του με το ελεύθερο χέρι για να επιδιώξει ανεμπόδιστη διάδραση με το τραπέζι. Τα βασικότερα προβλήματα στην κατάσταση απλής αφής - S φαίνονται πλήρως στο στιγμιότυπο αυτό.



Σχήματα 4.20-4.21. Παρεμπόδιση όλης της ομάδας και σήκωμα μανικιού (απλή αφή)

Επιπρόσθετα, καταγράφηκε ένα άλλο πρόβλημα κατά τη χρήση του διαδραστικού τραπέζιου στην κατάσταση απλής αφής - S. Συχνά, οι μαθητές έπρεπε να περιμένουν να ολοκληρωθεί η διεπαφή κάποιου συνεργάτη τους για να ενεργήσουν αμέσως μετά οι ίδιοι, γεγονός που προξενούσε σχετική δυσαρέσκεια (η οποία κάποιες φορές εκφράστηκε και λεκτικά), διακοπή της ομαλής διεξαγωγής και αναμονή. Στο στιγμιότυπο του Σχήματος 4.22 οι μαθητές περιμένουν τη σειρά τους για να πιάσουν το ατομικό τους κουμπί πριν την εκτέλεση του κώδικα.



Σχήμα 4.22. Εκτέλεση προγράμματος στην κατάσταση απλής αφής - S

Αποκορύφωμα των προβλημάτων της διάδρασης στην κατάσταση απλής αφής - S ήταν οι «άστοχες χειρονομίες» στη διεπαφή με το διαδραστικό τραπέζι. Παρόλο που οι μαθητές γνώριζαν πως δεν μπορούν να χειριστούν ταυτόχρονα το διαδραστικό τραπέζι, κατά τη διάρκεια μίας χειρονομίας διάδρασης ενός μαθητή με αυτό κάποιος άλλος επεδίωκε τη

διεπαφή η οποία, όμως, ακυρωνόταν αυτόματα. Πολύ συχνά, ο μαθητής επαναλάμβανε την κίνησή του ξανά και ξανά μέχρι να ολοκληρωθεί η πρώτη διεπαφή. Αυτές οι «άστοχες χειρονομίες» δεν καταγράφηκαν ως χειρονομίες στο σχήμα κωδικοποίησης που χρησιμοποιήθηκε, μια και δεν έπαιζαν κανένα ρόλο, ωστόσο, σε κάποιες περιπτώσεις ομάδων μετρήθηκαν πάνω από 30 τέτοιες. Ένα τέτοιο στιγμιότυπο παρουσιάζεται στα Σχήματα 4.23, 4.24 και 4.25.



Σχήματα 4.23-4.25. Αλληπαλληλες «άστοχες» χειρονομίες του μαθητή στα αριστερά όσο η διεπαφή είναι «κλειδωμένη» από συνεργάτη του (κατάσταση απλής αφής - S)

4.6.8 Παρατήρηση λεκτικής επικοινωνίας σε συνδυασμό με τη μη λεκτική

Σχετικά με την προσέγγιση Συναίνεση-Ανοχή και τη χρήση των τεσσάρων ατομικών ψηφιακών κουμπιών που λειτουργούσαν ως ξεχωριστοί διακόπτες για την εκτέλεση του προγράμματος, κρίνεται πως υπήρξαν αρκετές περιπτώσεις που λειτούργησε θετικά.

Για παράδειγμα, ο διάλογος μίας ομάδας στην κατάσταση πολλαπλής αφής - M (ομάδα MA1) που εμφανίζεται στον Πίνακα 4.11 περιγράφει την άρνηση της μαθήτριας K να πατήσει το κουμπί της κατά τη διεξαγωγή της τέταρτης και δυσκολότερης δραστηριότητας.

Πίνακας 4.11. Λεκτική διαπραγμάτευση ομάδας στην κατάσταση πολλαπλής αφής - M

K:	<i>Why try it though? We want to go through each one once and then go through the big square once.</i>
J:	<i>Yeah, so it needs to be the whole thing.</i>
T:	<i>Yeah, but it's gonna go through the whole square anyway.</i>
J:	<i>Yeah.</i>
K:	<i>Yeah, but then it's going to go through the middle again. There's no point of that.</i>
J:	<i>Yeah, it's meant to go around the whole thing.</i>
T:	<i>Yeah, but it'll be easier to do each square and then that's done.</i>
J:	<i>OK. Let's try the code out first.</i>
N:	<i>Do you want to try it and see what we've got?</i>
K:	<i>Yeah, let's just try it and see. (They all press their buttons)</i>
J:	<i>It's working, I think. No, I think we have to find the shortest path.</i>
K:	<i>No, is that it? That's it. Yeah, that's it.</i>
J:	<i>No, but it's going to turn this way again.</i>
T:	<i>No, it's gonna turn that way now. See? It works. I told you.</i>

Οι μαθητές K και T ελάχιστα δευτερόλεπτα πιο πριν μετακινούσαν μέσα και έξω από το βρόχο Repeat 4 times ένα άλλο πλακίδιο. Στο σημείο αυτό συνειδητοποιούν τη διαφωνία τους και ακολουθεί αναγκαστικά διαπραγμάτευση, η οποία καταλήγει στη συναίνεση της μαθήτριας K. Η μαθήτρια επιμένει πως πρέπει να σχεδιαστεί το εξωτερικό πλαίσιο (ένα μεγάλο τετράγωνο) γύρω από τα τέσσερα τετράγωνα μετά από τη σχεδίαση κάθε τετραγώνου ξεχωριστά. Η μαθήτρια J συμφωνεί μαζί της, αν και αποστασιοποιείται κάπως στη συνέχεια. Ο μαθητής T ορθώς αντιτίνει πως το πλαίσιο, έτσι και αλλιώς, θα σχεδιαστεί αν δημιουργηθούν τα τέσσερα τετράγωνα, συνοδεύοντας την εξήγησή του με μεταφορικές χειρονομίες. Η συμβολή του μαθητή N (αν και ο πιο αδύναμος μαθητής της ομάδας) είναι καθοριστική μιας και πείθει με συνδυασμό λεκτικής και μη λεκτικής επικοινωνίας (μία ελαφρά χειρονομία προτροπής συνοδευόμενη με ένα φιλικό χαμόγελο), τελικά, τη μαθήτρια K να εκτελέσουν τον κώδικα για να δουν τι έχουν κάνει σωστά ως εκείνη τη στιγμή. Το ενδιαφέρον είναι πως οι μαθητές J και T συνεχίζουν να διαπραγματεύονται πάνω στην ιδέα του μαθητή T, καθώς το πρόγραμμα εκτελείται και αποδεικνύεται σιγά-σιγά ορθό μέχρις ότου πειστούν όλοι πως έχουν βρει τη συντομότερη διαδρομή. Η μαθήτρια K στα μισά της εκτέλεσης ήδη συνειδητοποιεί το σφάλμα στον αρχικό συλλογισμό της και το εκφράζει λεκτικά.

Στο παράδειγμα που παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.12, μία ομάδα μαθητών της κατάστασης απλής αφής – S (ομάδα SA1), πειραματίζεται πάνω στην τρίτη δραστηριότητα και ειδικά στο σημείο που καλούνται να τοποθετήσουν την εμφωλευμένη, δεύτερη εντολή Repeat 4 times. Τα διαθέσιμα πλακίδια της εντολής Forward είναι μόνο τρία, ενώ το μήκος πλευράς τετραγώνου είναι τέσσερα βήματα. Κατά συνέπεια, οι μαθητές πρέπει να τοποθετήσουν ένα δεύτερο πλακίδιο Repeat 4 times εσωτερικά, μόνο ένα πλακίδιο Move forward στο εσωτερικό της εμφωλευμένης εντολής Repeat 4 times - όχι δύο, όπως αρχικά πιστεύουν και ενδιάμεσα την εντολή Turn left. Οι μαθητές πρώτα δοκιμάζουν τον εσφαλμένο κώδικα τους με την εντολή Forward εκτός του εμφωλευμένου βρόχου, διατηρώντας μία εντολή Turn left εκεί που θα έπρεπε να τοποθετηθεί η Forward. Στη συνέχεια, δοκιμάζουν μόνο ό,τι θα έπρεπε να περιέχεται μέσα στην εμφωλευμένη εντολή Repeat για να σιγουρευτούν τι θα πρέπει να επαναλαμβάνεται εντός του εξωτερικού βρόχου και, τελικά, δοκιμάζουν τη σύνθετη μορφή της λύσης τους. Σε τρεις περιπτώσεις της διαπραγμάτευσής τους οι μαθητές M και Ne επιδεικνύουν ανοχή στη δοκιμασία διαφορετικών προσεγγίσεων, και πιέζουν το ατομικό τους κουμπί για την εκτέλεση του κώδικα παρόλο που δεν συμφωνούν πάντα. Ωστόσο, με αυτόν τον τρόπο στην μεν πρώτη περίπτωση οι μαθητές KS και H αντιλαμβάνονται καλύτερα το πρόβλημα (*“That makes so much sense”*). Στη δεύτερη περίπτωση η μαθήτρια Ne ενισχύει την άποψη της KS (της πλέον αδύναμης μαθήτριας της ομάδας) και συναινεί να εκτελεστεί ο κώδικας με την

ιδέα της KS (*"Cool, try that then"*). Τελικά, η ορθή εκδοχή προέρχεται αμέσως στη συνέχεια μετά από δύο απλές αλλαγές από τους πιο αδύναμους μαθητές της ομάδας (KS και H) που αντιλαμβάνονται ταυτόχρονα την ίδια ιδέα (*"You might be on to something"*, σχόλιο της KS που απευθύνεται στον H) και με την προτροπή της μαθήτριας Ne να δοκιμάσουν (*"Just try this"*) αφού πρώτα απαντάει η ίδια στις ενστάσεις του μαθητή M (*"No, cus it's a loop, so it's going over and over again"*). Ενδιαφέρον παρουσιάζει, επίσης, το σημείο κατά το οποίο ο μαθητής H ακούσια διακόπτει τη διάδραση του μαθητή M με το τραπέζι μια και η ομάδα εργαζόταν σε κατάσταση απλής αφήs και προκαλείται η ένσταση του M (*"Wow, how did you do that?"*) με τη μαθήτρια KS να υπερασπίζεται τον H (*"It's called putting two fingers on the screen. Put both of them. Someone did it. Maybe"*).

Πίνακας 4.12. Λεκτική διαπραγμάτευση ομάδας στην κατάσταση απλής αφήs - S

Ne	<i>It has to go forward four times.</i>
M	<i>Yeah, it has to go forward four times...</i>
KS	<i>What's going in there?</i>
M	<i>...and then turn left and then do that and then turn left and do that whole thing again. What are you doing?</i>
H	<i>I don't know.</i>
M	<i>Wait, wait, wait, wait. Ok, let's just try that code peoples. Yes. Yes it's gonna do that four times it's gonna repeat it again.</i>
H	<i>Umm, I don't know.</i>
M	<i>I think we're wrong.</i>
Ne	<i>Yeah, we are.</i>
M	<i>Ok. But we have to go forward four times.</i>
H	<i>What, so...?</i>
Ne	<i>Move forward in there.</i>
KS	<i>You have to put it twice in there.</i>
Ne	<i>Why would you put it twice in there if it's the loop? Ok, now turn left.</i>
H	<i>Ok, let's see if that works.</i>
M	<i>I think it has to move forward twice yeah? Oh whops. Yeah yeah so basically yeah.</i>
Ne	<i>Ok, try that now.</i>
M	<i>It won't work. But you know, try new things every day.</i>
Ne	<i>Put move forward, before the loop.</i>
M	<i>It won't work.</i>
KS	<i>See where it goes.</i>
M	<i>See, look. See?</i>
KS	<i>It goes further.</i>
H	<i>That makes so much sense.</i>
M	<i>No, but now we learn new things, See look what it's doing. That's actually really cool!</i>
H	<i>Progress!</i>
KS	<i>So what we doing?</i>
H	<i>We have to get that on the line.</i>
Ne	<i>We haven't realised.</i>
M	<i>Also it has to move forward four times.</i>
Ne	<i>But move forward, before the loop, and then put the loop.</i>
M	<i>Yeah, do it.</i>
H	<i>Why do we turn left?</i>

Ne	<i>Cus it has to do all these corners – that’s four corners.</i>
H	<i>I like it. I like it.</i>
Ne	<i>Put the turn left in there.</i>
M	<i>Do we even have to use a nested loop? We need to start again because it doesn’t work. Let’s try to do it without the nested loop, even if it might not work.</i>
Ne	<i>So, we have to move forward first four times.</i>
KS	<i>Move forward. Move forward here.</i>
M	<i>Yeah, but it’ll just move forward that’s it.</i>
KS	<i>Yeah, but can we not just try that out?</i>
M	<i>Ok , sorry boss.</i>
KS	<i>And then...</i>
Ne	<i>You have to do a nested loop and you have to do it four times.</i>
M	<i>Let’s put that in.</i>
M	<i>Yeah and then? Wow (To H), how did you do that?</i>
KS	<i>It’s called putting two fingers on the screen. Put both of them. Someone did it. Maybe.</i>
M	<i>That won’t work will it?</i>
KS	<i>Yeah, it will work.</i>
Ne	<i>Cool, try that then.</i>
M	<i>Ok, we’ll try it.</i>
KS	<i>Square.</i>
Ne	<i>Again.</i>
M	<i>Yeah, dead square. I think I know how - No I don’t know. Maybe it’s two loops – maybe it’s two loops.</i>
H	<i>Put move forward.</i>
KS	<i>Push this back.</i>
M	<i>Wow, wow, wow.</i>
H	<i>Yeah ,yeah ,yeah.</i>
KS	<i>You might be on to something (to H).</i>
M	<i>Maybe we can do that again cus we started from an awkward position, you know? So, it has to move forward four times, yeah? And then turn left and then do that again. Ohhh, OK. I think we have already tried this, but...</i>
Ne	<i>No, cus it’s a loop, so it’s going over and over again.</i>
KS	<i>Wait, put this four times.</i>
Ne	<i>Just try this.</i>
M	<i>It works!</i>

Η φύση της συνεργασίας και της επικοινωνίας των μαθητών και η διαφορά ανάμεσα στις δύο καταστάσεις μπορεί να γίνει κατανοητή μόνο αν οι διάλογοι συνοδεύονται από την εικόνα των μαθητών. Στο παράδειγμα λεκτικής επικοινωνίας που αναφέρεται στον Πίνακα 4.13, μαθητές της ίδιας ομάδας με το παραπάνω παράδειγμα (SA1) πειραματίζονται με τη δεύτερη δραστηριότητα (τετράγωνο με πλευρά μήκους ενός βήματος) και ανταλλάσσουν επικοινωνιακά σχόλια δουλεύοντας σε κατάσταση απλής αφής - S.

Πίνακας 4.13. Λεκτική διαπραγμάτευση ομάδας στην κατάσταση απλής αφής - S

M:	<i>Do we have to do it again?</i>
H:	<i>(reads the instructions)</i>
M:	<i>Ok easy so we repeat this four times, then we repeat the same thing four times. I don’t think it’s “Turn left” still.</i>

H:	<i>Is it not?</i>
M:	<i>I don't think so.</i>
H:	<i>I think you should turn left?</i>
M:	<i>Yep - Sorry. What's going on? Let's try that again. Ohhhhh.</i>
H:	<i>I think he's a bit baffled.</i>
M:	<i>Wait, what?</i>
KS:	<i>Try that again.</i>
M:	<i>Yeah do that again. It's bugging out.</i>
H:	<i>You what?</i>
Ne:	<i>Cus it's going forward four times.</i>
M:	<i>Oh yeahhhhhhhhhhh.</i>
N:	<i>It has to go inside.</i>
M:	<i>Ohhhhhhh. I thought it has to move forward first, and then turn left.</i>
Ne:	<i>But then it's gonna move forward four times.</i>
M:	<i>But I thought it has to move - I thought it has to move forward.</i>
J:	<i>Let's just turn left - Let's keep testing it.</i>
H:	<i>Let's try it. Let's try something, OK? (They all press their buttons)</i>
M/KS:	<i>Look it's done.</i>
H :	<i>Oh yeah we did it we did it. I like it. We meant to do that.</i>

Αρχικά παρατηρούν πως η διαδρομή που πρέπει να σχηματιστεί είναι ίδια ακριβώς με την πρώτη δραστηριότητα. Ο μαθητής Μ δεν είναι σίγουρος αν ο πιγκουίνος πρέπει να στρίψει αριστερά ή δεξιά. Ο μαθητής Η επισημαίνει λεκτικά πως η ορθή στροφή είναι προς τα αριστερά, ωστόσο η επεξήγηση δίνεται με μεταφορικές χειρονομίες που περιγράφουν την πορεία την οποία πρέπει να ακολουθήσει ο πιγκουίνος και δεν καταγράφονται στον διάλογό τους. Στο σημείο αυτό ο μαθητής Μ πείθεται πως η σωστή λύση περιλαμβάνει το Turn left και όχι το Turn right. Στη συνέχεια, τοποθετούν λανθασμένα το πλακίδιο Turn left έξω από την εντολή Repeat. Εκτελούν τον κώδικά τους μετά από συμφωνία (που επίσης δε φαίνεται στο διάλογό τους) με αποτέλεσμα ο πιγκουίνος να μετακινηθεί τέσσερα βήματα μπροστά και μετά να στρίψει αριστερά. Η μαθήτρια Ne παρατηρεί το λάθος στη συλλογιστική και εξηγεί πως το πλακίδιο Turn left πρέπει να τοποθετηθεί εντός του βρόχου. Ο μαθητής Μ είναι εκείνος που έχει αναλάβει άτυπα τη διεπαφή με το τραπέζι και τοποθετεί τα πλακίδια στη σωστή θέση μετά από προτροπή και των υπόλοιπων μελών.

Η βασική διαφορά στη λειτουργία των ομάδων στις δύο καταστάσεις μπορεί να γίνει ορατή μόνο αν ο παραπάνω διάλογος συνοδευτεί από την εικόνα των μαθητών η οποία ήταν, κατά βάση, στατική. Αν διαβάσει κανείς απομονωμένα τους διαλόγους των μαθητών δίχως να λάβει υπόψη το μη λεκτικό πλαίσιο μέσα στο οποίο οι διάλογοι εντάσσονταν, δύσκολα μπορεί να κατανοήσει πλήρως τη συμφωνία, τη διαφωνία, τη διαπραγμάτευση, τη συναίνεση και την ανοχή των μαθητών στο κοινό ομαδικό τους έργο. Ο μαθητής Μ έχει αναλάβει πλήρως τη διάδραση, ενώ οι υπόλοιποι δεν έχουν άμεση επαφή με το διαδραστικό τραπέζι κατά τη

διάρκεια της διαπραγμάτευσής τους για τη δεύτερη δραστηριότητα. Η στάση τους είναι ενδεικτική της αναμονής των ενεργειών του μαθητή Μ, όπως φαίνεται στο στιγμιότυπο του Σχήματος 4.26.



Σχήμα 4.26. Στάση αναμονής και διαπραγμάτευση στην κατάσταση απλής αφής - S

Η μαθήτρια KS έχει μετακινηθεί τέρμα αριστερά χωρίς τα περισσότερα αντικείμενα πάνω στο διαδραστικό τραπέζι να είναι σε μία απόσταση τέτοια που να τα φτάνει και η ίδια διακρίνεται ελάχιστα στο πλάνο. Η μαθήτρια Ne είχε επίσης σχεδόν μηδενική επαφή με το τραπέζι καθ' όλη τη διεξαγωγή των δραστηριοτήτων, παρόλο που τα σχόλιά της ήταν συνήθως αρκετά εποικοδομητικά.

Υπήρξαν, ακόμα, περιπτώσεις στις οποίες ήταν αδύνατο να κατανοηθεί η διαπραγμάτευση των μαθητών μόνο από την καταγραφή της λεκτικής επικοινωνίας. Στις περιπτώσεις αυτές κυρίαρχο ρόλο έπαιζαν οι μεταφορικές χειρονομίες ως επεξήγηση και οι χειρονομίες προσαρμογείς ως μέθοδος ανατροφοδότησης. Η ομάδα SA2, για παράδειγμα, η οποία εργάστηκε στην κατάσταση απλής αφής - S παρουσίασε σχετικά υψηλά αποτελέσματα αν και σε εκτεταμένο τμήμα της καταγραφής του διαλόγου τους δεν γίνεται αντιληπτή η διαπραγμάτευση των μελών της. Σε όλες τις δραστηριότητες καταγράφηκε μία μεγάλη σειρά από σχόλια όπως “Yes”, “No”, “OK” ή ερωτήσεις όπως “Can we do this?”, κλπ. Πολύ συχνά, ωστόσο, τρία από τα τέσσερα μέλη της ομάδας πραγματοποιούσαν σύνθετες μεταφορικές χειρονομίες περιμένοντας την ανατροφοδότηση των υπολοίπων. Στην τρίτη δραστηριότητα η τελική λύση προτείνεται από τον μαθητή S, ο οποίος περιγράφει όλη την πορεία του πικνουίνου με μία σειρά από σύνθετες μεταφορικές χειρονομίες πάνω από το διαδραστικό τραπέζι χωρίς να λέει κάτι ταυτόχρονα εκτός από μία απλή αρίθμηση, στιγμιότυπο που φαίνεται στα Σχήματα 4.26-4.28.



Σχήματα 4.27-4.29. Μεταφορικές χειρονομίες μαθητή κατά τη διαπραγμάτευση

5. Συμπεράσματα

5.1 Απαντήσεις στα ερευνητικά ερωτήματα

Η διατριβή έθεσε ως στόχο τη μελέτη συνεργατικών διαδραστικών εκπαιδευτικών τεχνολογιών, η χρήση των οποίων πραγματοποιείται ομαδικά από μαθητές που βρίσκονται στον ίδιο φυσικό χώρο. Ο βασικός στόχος που τέθηκε ήταν η συσχέτιση της επικοινωνίας, της συνεργασίας και των μαθησιακών αποτελεσμάτων.

Στην κύρια μελέτη συγκρίθηκαν τα μαθησιακά αποτελέσματα κατά τον συνεργατικό προγραμματισμό σε διαδραστικό τραπέζι στις καταστάσεις απλής (μονής) αφής, πολλαπλής αφής (single-touch και multi-touch) με εκείνα του ατομικού προγραμματισμού. Υπενθυμίζεται πως στην πρότερη επίδοση των συμμετεχόντων λήφθηκε υπόψη ο βαθμός των μαθητών στην Πληροφορική (GCSE in Computer Science) ή στις ΤΠΕ (Certificate in Digital Applications - CiDA) για τους δεκαεπτάχρονους μαθητές και στα Μαθηματικά για τους δωδεκάχρονους μαθητές. Ως «μέτρια επίδοση» ορίστηκε η βαθμολογία >4 ή $>D$ και $\leq 6+$ ή $\leq C+$.

Ο συνεργατικός προγραμματισμός σε ένα διαδραστικό τραπέζι δείχνει να οδηγεί σε συγκρίσιμα αποτελέσματα με τον παραδοσιακό ατομικό προγραμματισμό. Το γεγονός αυτό είναι ελπιδοφόρο και επιβεβαιώνει αντίστοιχη έρευνα που πραγματοποιήθηκε στη διδασκαλία των Μαθηματικών (Mercier & Higgins, 2013). Η διαδικασία, όμως, μέσω της οποίας επιτυγχάνονται τα μαθησιακά αποτελέσματα είναι διαφορετική και στηρίζεται στην αλληλεπίδραση μεταξύ των μελών μίας ομάδας, γεγονός που καθιστά υπό όρους τον συνεργατικό προγραμματισμό ένα χρήσιμο εργαλείο στα χέρια του εκπαιδευτικού.

Στην κατάσταση πολλαπλής αφής, ειδικά στους μέτριους μαθητές παρατηρείται θετική συσχέτιση των ατομικών αποτελεσμάτων τους στο post-test με το ομαδικό αποτέλεσμα στο διαδραστικό τραπέζι. Αντίστοιχα ισχυρή συσχέτιση δεν εμφανίζεται σε καμία άλλη κατάσταση για τη συγκεκριμένη κατηγορία μαθητών. Πιθανότατα, αυτό οφείλεται αφενός στην ομαδική χρήση του διαδραστικού τραπεζιού έναντι της κατάστασης ατομικής χρήσης - I και, αφετέρου στο πλεονέκτημα της ταυτόχρονης διάδρασης πολλαπλής αφής, έναντι της διεπαφής στην κατάσταση απλής αφής - S, δηλαδή στις μόνες ουσιαστικές διαφορές μεταξύ των τριών καταστάσεων. Ενδεχομένως στην κατάσταση ατομικής χρήσης - I, οι μέτριοι μαθητές να δυσκολεύονται να συσχετίσουν όσα μαθαίνουν μόνοι τους στο διαδραστικό τραπέζι με όσα γράφουν στο χαρτί του post-test, ακριβώς επειδή δεν υπάρχουν συνεργάτες. Από την άλλη, η εργασία στην κατάσταση απλής αφής - S παρουσιάζει ζητήματα στη διάδραση τα οποία

φαίνεται να εμποδίζουν την ομαλή και θετική εξέλιξη της ομαδικής μάθησης για τους μέτριους μαθητές.

Η κύρια μελέτη εστίασε στους τρόπους με τους οποίους συνεργάζονται και επικοινωνούν οι μαθητές λεκτικά και μη-λεκτικά στις τρεις διαφορετικές καταστάσεις.

Τα αποτελέσματα δείχνουν σημαντική στατιστικά διαφορά στην περίπτωση των διαλόγων όπου οι μαθητές εξέφραζαν άποψη ή έλλειψη σιγουριάς, περίπτωση που καταγράφεται περισσότερο στην κατάσταση απλής αφήs - S. Πιθανά, το φαινόμενο αυτό να σχετίζεται με τα προβλήματα που παρατηρούνται στη διάδραση απλής αφήs η οποία δείχνει να παρέχει στους μαθητές ένα πιο ασταθές πλαίσιο.

Η μη λεκτική επικοινωνία παρατηρήθηκε έντονη και, πλέον, πιθανά να πρέπει να θεωρείται ισότιμη της λεκτικής. Πολύ συχνά, οι μαθητές διαπραγματεύονται, αποφασίζουν ή απορρίπτουν χωρίς να λένε τίποτα, επικροτούν ή εκφράζουν αβεβαιότητα μόνο με βάση αυτού του τύπου την επικοινωνία. Όλα τα παραπάνω τονίζονται ειδικά σε μία περίοδο που η συνεργασία πραγματοποιείται κυρίως εξ αποστάσεως σε πολλούς τομείς της εκπαίδευσης. Τα οφέλη της ταυτόχρονης φυσικής παρουσίας των μελών μίας ομάδας μαθητών σχετίζονται σε ένα βαθμό με τη μη λεκτική επικοινωνία.

Ενδεχομένως η σχετική αστάθεια στην κατάσταση απλής αφήs έκανε τους μαθητές, γενικά, πιο διστακτικούς στην ανάληψη της ευθύνης της διεπαφής με το διαδραστικό τραπέζι για λογαριασμό της ομάδας τους. Υπήρξαν περιπτώσεις μαθητών που είχαν πολύ μικρή έως την ελάχιστη δυνατή διεπαφή με το τραπέζι. Οι χειρονομίες υπογράμμισης οι οποίες καταγράφονται περισσότερο στην κατάσταση πολλαπλής αφήs καταδεικνύουν, πιθανά, το γεγονός πως η μη λεκτική διαπραγμάτευση είναι πιο έντονη στην κατάσταση αυτή έναντι της κατάστασης απλής αφήs.

Η Συναίνεση-Ανοχή χρησιμοποιήθηκε για να ενισχυθεί η διαπραγμάτευση εντός των ομάδων και, αυτό, παρατηρήθηκε πως μάλλον λειτούργησε θετικά στις καταστάσεις όπου οι μαθητές δούλεψαν σε ομάδες.

Η κύρια μελέτη συσχέτισε επιπλέον, τη λεκτική και τη μη λεκτική επικοινωνία με τα μαθησιακά αποτελέσματα.

Τα γεγονότα λεκτικής και μη λεκτικής επικοινωνίας (ατομικά και άθροισμα γεγονότων ανά ομάδα) μελετήθηκαν ως προς τη σχέση τους με τα αποτελέσματα της διεξαγωγής της δραστηριότητας πάνω στο διαδραστικό τραπέζι και με τα ατομικά αποτελέσματα του post-test.

Κατά βάση, η λεκτική επικοινωνία για τους μέτριους μαθητές στις ομάδες πολλαπλής αφής σχετίζεται με περισσότερους διαλόγους επεξήγησης και αιτιολόγησης στην ομάδα. Η θετική ανατροφοδότηση και τα σχόλια επιβεβαίωσης εντός της ομάδας, επίσης σχετίζονται θετικά με τα ομαδικά και ατομικά αποτελέσματα. Αντιθέτως, τα σχόλια αβεβαιότητας σχετίζονται αρνητικά.

Οι μέτριοι μαθητές μάλλον υποβοηθούνται περισσότερο από τους καλούς μαθητές σε περιπτώσεις που καταγράφονται γεγονότα επεξήγησης / αιτιολόγησης / συμπεράσματα στην κατάσταση πολλαπλής αφής - M. Αντιστρόφως, στην κατάσταση απλής αφής - S, οι καλοί μαθητές ωφελούνται ενδεχομένως περισσότερο από τους μέτριους μαθητές όταν καταγράφονται γεγονότα επεξήγησης / αιτιολόγησης / συμπεράσματα, γεγονότα επιβεβαίωσης και απαντήσεις σε ερωτήματα πώς / πού / τι (δηλαδή όταν πραγματοποιούνται μερικά από τα βασικότερα στοιχεία της διαπραγμάτευσης και επικοινωνίας εντός της ομάδας τους). Η αντιστροφή αυτή μάλλον οφείλεται στα ίδια προβλήματα που αντιμετώπισαν οι μαθητές στην κατάσταση απλής αφής - S, ακριβώς λόγω της φύσης της απλής αφής στη διάδραση με το διαδραστικό τραπέζι. Οι καλοί μαθητές σε αυτήν την πιο ασταθή κατάσταση μάλλον αντιλαμβάνονται πιο έντονα το βάρος της ατομικής τους ευθύνης για το συλλογικό έργο και έχουν, ίσως, ανάγκη για περισσότερη ανατροφοδότηση και επεξήγηση από την κατάσταση πολλαπλής αφής.

Στην κατάσταση απλής αφής, ο αριθμός γεγονότων άμεσης διεπαφής σχετίζεται αρνητικά με τα ατομικά αποτελέσματα των μαθητών στο post-test, κάτι που οφείλεται πιθανότατα στη φύση της διεπαφής. Μπορεί να υποθέσει κανείς πως, λόγω του τεχνολογικού περιορισμού της απλής αφής, οι μέτριοι μαθητές επιλέγουν λιγότερο τις διαχειριστικές χειρονομίες που απαιτούν διεπαφή με το διαδραστικό τραπέζι και ωφελούνται περισσότερο από δεικτικές χειρονομίες οι οποίες συνοδεύονται από οδηγίες των συνεργατών τους, καθώς και από μεταφορικές χειρονομίες σχετικές, συνήθως, με το σχήμα που πρέπει να διαγραφεί.

Οι μεταφορικές χειρονομίες συχνά χρησιμοποιούνται για την περιγραφή του σχήματος που πρέπει να διαγραφεί, τις εντολές μέσω των οποίων δημιουργείται το σχήμα αυτό και, γενικά, δείχνουν να παίζουν έναν θετικό ρόλο στην ευρύτερη κατανόηση των μαθητών. Στην κατάσταση πολλαπλής αφής - M υπάρχει αρνητική συσχέτιση του αθροίσματος των χειρονομιών προσαρμογών ανά ομάδα με τα ατομικά αποτελέσματα των μέτριων μαθητών στο post-test. Διατυπώνεται, στο σημείο αυτό, η υπόθεση πως οι χειρονομίες αυτές συχνά συνοδεύουν αρνητικές καταστάσεις όπως αμηχανία και αβεβαιότητα. Οι χειρονομίες προσαρμογής απαιτούν πολύ ευρύτερη κατηγοριοποίηση, ερευνητικές γνώσεις σχετικές με την

Ψυχολογία και εξειδίκευση για να μελετηθούν μία προς μία. Ωστόσο, με μία εμπειρική ματιά, κρίνοντας τις αντιδράσεις των μαθητών από την σκοπιά του εκπαιδευτικού, φαίνεται πως πολύ συχνά εκφράζουν ανησυχία και αβεβαιότητα ή αρνητική ανατροφοδότηση και για τον λόγο αυτό προκύπτει αρνητική συσχέτιση με τα αποτελέσματα στο post-test.

5.2 Σύγκριση με άλλες μελέτες

Σύμφωνα με όσα παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 3, η σχεδίαση του συγκεκριμένου συστήματος δραστηριοτήτων / μικρο-περιβάλλοντος επιλέχθηκε να υποστηρίξει:

- την επίγνωση των συνολικών ενεργειών της ομάδας, υψηλό έλεγχο του συστήματος μέσω της διεπαφής, υψηλή διαθεσιμότητα των πληροφοριών (Yuill & Rogers, 2012)
- μηχανισμούς συνεργατικού συντονισμού οι οποίοι σχετίζονται με τη συν-αντίληψη και κοινή εστίαση σε στόχους και ενέργειες εντός ομάδας (Fleck et al., 2009)
- τη δυνατότητα ενίσχυσης των μελών της ομάδας ώστε όλοι να είναι turn-takers, δηλαδή, χρήστες που λειτουργούν στο περιβάλλον, να κάνουν αλλά και να δέχονται υποδείξεις και παρατηρήσεις (Shaer et al., 2012)
- την επιδίωξη για ισορροπία μεταξύ των ατομικών ενεργειών του καθενός και των συνεργατικών ομαδικών ενεργειών (Maldonado et al., 2010)
- χώρο για αναστοχασμό που βοηθά στην παροχή διαφορετικών οπτικών για το ίδιο πρόβλημα, ενθάρρυνση της εξωτερίκευσης των ιδεών και των σκέψεων των εκπαιδευόμενων και υποστήριξη διαφορετικών επιπέδων ικανοτήτων (Kharrufa et al., 2010; Yuill & Rogers, 2012)
- τη μάθηση από τους άλλους (Antle et al., 2011).

Μία έρευνα με τα αποτελέσματα της οποίας έχει νόημα η σύγκριση, αφορά στα μαθησιακά αποτελέσματα και την καταγραφή των εξ αποστάσεως διαλόγων κατά τον προγραμματισμό σε ζεύγη φοιτητών (Rodriguez et al., 2017). Ο ρόλος της θετικής ανατροφοδότησης περιγράφεται ως βοηθητικός για τα μαθησιακά αποτελέσματα των ζευγών, ενώ η λεκτική αβεβαιότητα συνήθως συνόδευε αρνητικά μαθησιακά αποτελέσματα. Η αναλογία αυτή είναι αντίστοιχη με όσα καταγράφηκαν στην παρούσα μελέτη σε σχέση με τα ατομικά αποτελέσματα των μαθητών στο post-test και στα αθροίσματα είδους γεγονότων διαλόγων ανά ομάδα. Επίσης, αντίστοιχα είναι τα συμπεράσματα της συγκεκριμένης ομάδας ερευνητών σχετικά με τα σχόλια που αφορούσαν σε επεξήγηση/αιτιολόγηση/συμπεράσματα, αν και η κωδικοποίησή τους εμπεριείχε και τα δηλωτικά σχόλια εντός της ίδιας κατηγορίας λεκτικών γεγονότων. Προκύπτει ισχυρή ένδειξη, όμως, πως υπάρχει ταύτιση και στο σημείο αυτό. Αντιθέτως, η συγκεκριμένη έρευνα εστιάζει στον ρόλο της αρνητικής ανατροφοδότησης ως επίσης βοηθητικής, κάτι που δεν παρατηρήθηκε στην παρούσα έρευνα, πιθανότατα λόγω της διαφοράς μεταξύ των ηλικιών στα δύο δείγματα και της μεγαλύτερης γενικά ικανότητας των ενηλίκων να διαπραγματεύονται με πιο επικοινωνιακό τρόπο έναντι των ανηλίκων.

Στην κατάσταση απλής αφής, οι μαθητές αφέθηκαν να αποφασίζουν οι ίδιοι για το ποιος είχε τον έλεγχο της διάδρασης με το τραπέζι, σε αντίθεση με την μελέτη των Harris et al. (2009) στην οποία συγκρίθηκαν τα διαδραστικά τραπέζια (καταστάσεις απλής και πολλαπλής αφής), και κατά την οποία οι μαθητές είχαν υποχρεωθεί να εναλλάσσονται. Με τον τρόπο αυτό επιτεύχθηκε η πλήρης ελαχιστοποίηση των διαλόγων σχετικά με το ποιος έχει σειρά, φαινόμενο που είχε επισημανθεί παλαιότερα ως πρόβλημα στην κατάσταση απλής αφής (Harris et al., 2009). Σημειώνεται πως κατά την κύρια μελέτη καμία ομάδα δεν επέλεξε να εργαστεί σε σειρά, πράγμα που πιθανά σημαίνει πως αυτή η μέθοδος δεν είναι κατάλληλη για την κατάσταση απλής αφής. Επιπλέον, λόγω της άρσης αυτού του περιορισμού στην κύρια μελέτη, οι διάλογοι δεν παρατηρήθηκε να διαφέρουν ποιοτικά ανάμεσα στις καταστάσεις απλής και πολλαπλής αφής, αντίθετα με την έρευνα των Harris et al. (2009).

Ένα ενδιαφέρον εύρημα είναι πως συχνά παρατηρήθηκε ταυτόχρονη μετακίνηση αντικειμένων από δύο ή περισσότερους μαθητές, επιβεβαιώνοντας παλαιότερη μελέτη (Jamil et al., 2012). Επιπλέον, επιβεβαιώθηκαν και επεκτάθηκαν τα συμπεράσματα των Fleck, et al. (2009) για ένα νέο είδος μη-λεκτικών χειρονομιών (προσαρμογείς) οι οποίες συχνά λειτουργούν ως άρνηση / απόρριψη ή κατάφαση και αποδοχή μιας πρότασης. Οι διαδικασίες αναίρεσης ενεργειών άλλου μέλους της ομάδας ή παρεμπόδισης της μετακίνησης αντικειμένων στην επιφάνεια του τραπεζιού από άλλο χρήστη συχνά φάνηκε να λειτουργούν προωθητικά στη διαπραγμάτευση, κάτι που επίσης είχε παρατηρηθεί από τους Fleck, et al. (2009).

5.3 Συνεργατικός προγραμματισμός και συνεργατική μάθηση

Τα αποτελέσματα της κύριας μελέτης (Κεφάλαιο 4) σχετίζονται με τον βαθμό επίτευξης των βασικών προϋποθέσεων για την ύπαρξη συνεργατικής μάθησης, δηλαδή με τη θετική αλληλεξάρτηση, την αίσθηση προσωπικής ευθύνης, την προωθητική αλληλεπίδραση πρόσωπο με πρόσωπο, τις κοινωνικές και διαπροσωπικές δεξιότητες και την ομαδική επεξεργασία (Johnson & Johnson, 1999, 2008, 2009). Η ύπαρξη, η έλλειψη και ο συνδυασμός των πέντε αυτών στοιχείων, συχνά παρατηρήθηκε πως καθόρισε το αποτέλεσμα της εργασίας κάθε ομάδας, αλλά και την ατομική κατανόηση κάθε μέλους όπως καταγράφηκε στο post-test.

Φιλοδοξία της παρούσας διατριβής, ωστόσο, δεν είναι μόνο η υιοθέτηση στοιχείων της έρευνας σχετικά με τη συνεργατική μάθηση και η εφαρμογή τους σε ένα ελπιδοφόρο πεδίο όπως αυτό των διαδραστικών τεχνολογιών πολλών χρηστών, αλλά η ως ένα βαθμό συνεισφορά στο ερευνητικό πεδίο της συνεργατικής μάθησης στα πλαίσια των εκπαιδευτικών τεχνολογιών. Η ιδέα που δοκιμάστηκε ήταν η ειδική εφαρμογή αρχών και η διατύπωση μίας συνολικής υπόθεσης. Αυτή η διαλεκτική ακολουθείται παρακάτω.

Έμφαση δόθηκε κατά την κύρια έρευνα σε τρεις παράγοντες:

- στην ισοτιμία των μελών της ομάδας χωρίς την ύπαρξη ξεχωριστών ρόλων ανά μαθητή
- στην ελευθερία έκφρασης με τρόπο που να είναι θεμιτός εντός των πλαισίων της ομάδας και των κοινωνικών νορμών
- στην αρχή της Συναίνεσης-Ανοχής.

Η ισοτιμία των μελών της ομάδας θεωρήθηκε εξαρχής ως απαραίτητο στοιχείο για την επίτευξη των στόχων που τέθηκαν ομαδικά. Στην πραγματικότητα, η ταυτόχρονη υπόσταση των ενεργειών πάνω στο διαδραστικό τραπέζι πολλών χρηστών εξυπηρετεί αυτόν ακριβώς τον χαρακτήρα: ανά πάσα στιγμή, επιτρέπεται η διάδραση με το ομαδικό έργο σε οποιοδήποτε μέλος, δίχως πρωτόκολλα και κανόνες. Ο τεχνολογικός περιορισμός της κατάστασης απλής αφής (κατάσταση S), στην ουσία, καταστρατήγησε αυτό το χαρακτηριστικό και υπάρχουν ενδείξεις πως σε έναν βαθμό εκεί οφείλονταν και τα προβλήματα που αντιμετώπισαν οι μαθητές. Η αυτονομία της ομάδας, γενικά, επέτρεπε να καθοριστούν κανόνες και ρόλοι από τα ίδια τα μέλη, εντός της ομάδας (για παράδειγμα, ανεξάρτητη μέτρηση των χειρονομιών διάδρασης ώστε αυτές να είναι ισάριθμες ή ατομική διάδραση με αυστηρή διατήρηση σειράς προτεραιότητας). Σε καμία ομάδα, ωστόσο, δεν παρατηρήθηκε η θέσπιση τέτοιων κανόνων. Ακόμα και σε περιπτώσεις που κάποιος μαθητής εμπόδιζε τη διάδραση κάποιου άλλου με το διαδραστικό τραπέζι, αυτό γινόταν στη βάση της δοκιμασίας μίας ενέργειας προς επίτευξη του

κοινού σκοπού ή στη βάση της διαπραγμάτευσης σχετικά με το επόμενο βήμα. Κατά συνέπεια, η ισοτιμία των μελών της ομάδας συμπληρώνει στο σημείο αυτό (ως πρόταση και ως ερευνητική υπόθεση) τις συνθήκες για την ύπαρξη συνεργατικής μάθησης στα διαδραστικά τραπέζια.

Πολύ ενδιαφέρον χαρακτηριστικό ήταν η μελέτη του αριθμού των χειρονομιών διάδρασης με το ψηφιακό μέσο. Φάνηκε πως ο αριθμός αυτός ήταν τελείως ανεξάρτητος από την υπόλοιπη συνεισφορά ενός μέλους στην ομάδα. Υπήρξαν μαθητές που ήρθαν ελάχιστα σε επαφή με το διαδραστικό τραπέζι και, όμως, συμμετείχαν ενεργά στο κοινό έργο. Η συμμετοχή αυτή ήταν ορατή τόσο σε λεκτικό, όσο και σε μη λεκτικό επίπεδο. Η παρατήρηση αυτή, σε συνδυασμό με τη μελέτη του πλούτου της λεκτικής και, κυρίως, της μη λεκτικής διάδρασης των μαθητών οδηγεί στη δεύτερη υπόθεση, πως, δηλαδή, η ελευθερία στην έκφραση, στον λόγο και στην κίνηση αποτελεί έναν βασικό βοηθητικό παράγοντα της συνεργατικής μάθησης στα διαδραστικά τραπέζια. Είναι προφανές πως η ύπαρξη των μαθητών στον ίδιο φυσικό χώρο υποβοήθησε τη συνθήκη αυτή. Ίσως, διάφορα καταγεγραμμένα από την επιστημονική έρευνα προβλήματα που σχετίζονται με την εξ' αποστάσεως συνεργατική μάθηση να έχουν τη βάση τους σε μία τέτοια έλλειψη.

Τέλος, η αρχή της Συναίνεσης-Ανοχής δεν ήταν τίποτα άλλο από την επιβολή της διεξαγωγής μίας διαπραγμάτευσης σε ένα κομβικό σημείο εκπόνησης των δραστηριοτήτων, δηλαδή στην εκτέλεση του προγράμματος και στη δοκιμασία μίας λύσης. Αναγκαστικά, όλοι οι μαθητές έπρεπε να εστιάσουν από κοινού σε ένα σημείο-κλειδί, αλλιώς δεν γινόταν να προχωρήσουν παρακάτω. Πέρα από αυτό, όμως, υπήρξαν ενδείξεις μετά από κατ' ιδίαν συνομιλίες με μαθητές πως η επιβολή της Συναίνεσης-Ανοχής στάθηκε ικανή στο να δώσει την αίσθηση της ενεργούς και ισότιμης συμμετοχής ακόμα και σε αδύνατους μαθητές που αναγκαστικά παρακολουθούσαν την εξέλιξη, έστω στο επίπεδο του πότε είναι η κατάλληλη στιγμή να δοκιμαστεί μία λύση. Κατά συνέπεια, ως τρίτη υπόθεση που είναι δυνατόν να συμπληρώσει όσα ειπώθηκαν παραπάνω για τη συνεργατική μάθηση, είναι πως η ύπαρξη επιμέρους σημείων-κλειδιών για την ανίχνευση διαφωνιών και την επίτευξη συμφωνίας ενισχύει το τελικό κοινό και ατομικό αποτέλεσμα.

5.4 Περιορισμοί της έρευνας

Είναι εμφανές πως η δεκαπεντάλεπτη εισαγωγική χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας σε περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού με πλακίδια δεν αρκεί για να δώσει αυτόματα και άμεσα αποτελέσματα τέτοια ώστε ένας μαθητής να αντεπεξέρχεται σε ένα απαιτητικό γραπτό test όπως ήταν το post-test.

Ως περιορισμός της κύριας μελέτης αναφέρεται το σχετικά μικρό μέγεθος του δείγματος, επιλογή που πραγματοποιήθηκε ώστε να γίνει εφικτή η προσεκτική και παρατήρηση όλων των μαθητών, ειδικά της μη-λεκτικής επικοινωνίας μεταξύ τους. Επιπλέον, ο χρόνος των δραστηριοτήτων ήταν σχετικά μικρός (15 λεπτά).

Είναι σαφές πως για την αναλυτική μελέτη μίας νέας διδακτικής προσέγγισης με τη χρήση νέας τεχνολογίας, όπως είναι ο συνεργατικός προγραμματισμός σε διαδραστικά τραπέζια πολλών χρηστών, απαιτείται σχεδιασμός αρκετών δραστηριοτήτων, ώστε να μπορεί να υπάρξουν συμπεράσματα για την εξέλιξη των μαθησιακών αποτελεσμάτων και της επικοινωνίας των μαθητών κατά τη χρήση της μεθόδου σε ένα βάθος χρόνου.

Δεδομένης της σημασίας της λεκτικής και μη λεκτικής επικοινωνίας απαιτείται η υιοθέτηση ενός νέου πλαισίου κωδικοποίησης που θα μπορεί να έχει μία καθολική ισχύ. Η δημιουργία του δεν έχει αξία μόνο στο μάθημα της Πληροφορικής στα διαδραστικά τραπέζια, αλλά πολύ περισσότερο όπου χρησιμοποιείται συνεργατική εκπαιδευτική τεχνολογία εντός του ίδιου φυσικού χώρου μάθησης. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι να μπορεί να καταγράφεται το επίπεδο της συλλογιστικής στον διάλογο, η σημασία των μη λεκτικών σημάτων, αλλά και ο συνδυασμός τους. Από την παρούσα μελέτη, για παράδειγμα, φάνηκε πως οι χειρονομίες προσαρμογείς, συχνά εμπεριείχαν αρνητική σημασία, ωστόσο μόνο εντός ενός ολοκληρωμένου εργαλείου κωδικοποίησης μπορεί αυτό να επιβεβαιωθεί ή να εξηγηθεί. Έτσι θα είναι δυνατό να προχωρήσει η σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ ερευνών στο ίδιο πεδίο και μία έρευνα να μπορεί να επεκταθεί βασισμένη στα αποτελέσματα μίας άλλης.

5.5 Προτάσεις για μετέπειτα έρευνα

Ένα ερώτημα που θα είναι πολύ χρήσιμο να απαντηθεί είναι με ποιον τρόπο και κάτω από ποιες συνθήκες είναι δυνατή η ένταξη του συνεργατικού προγραμματισμού εντός ενός δομημένου αναλυτικού πλαισίου διδασκαλίας του προγραμματισμού. Η εκπόνηση ενός πλέγματος δραστηριοτήτων σε μια ευρεία βάση θα πρέπει να μπορεί να δώσει απάντηση σε δύο καίρια ερωτήματα:

- πότε και σε ποιο πλαίσιο είναι χρήσιμος ο συνεργατικός προγραμματισμός;
- η διδασκαλία ποιών εννοιών / δομών πρέπει να προηγείται και τι πρέπει να έπεται;

Οι δυνατότητες που δίνουν οι διαδραστικές τεχνολογίες πολλών χρηστών είναι πολλές, ειδικά όταν επιλέγεται ο συνδυασμός τους με άλλες εκπαιδευτικές τεχνολογίες. Στην περίπτωση αυτή παίζει σημαντικό ρόλο η εξαρχής μελέτη του χώρου μέσα στον οποίο εντάσσονται. Μέσα από αυτό το πρίσμα είναι δυνατόν να αναπτυχθεί περαιτέρω ο συνεργατικός προγραμματισμός στην εκπαίδευση.

Μία ομάδα μαθητών δεν είναι απαραίτητο πως θα μπορέσει να συνεργαστεί ουσιαστικά. Η μελέτη των κυριαρχικών συμπεριφορών μελών μίας ομάδας και του τρόπου που αντιμετωπίζονται από τους υπόλοιπους μαθητές πιθανά να αποτελεί ένα επιπλέον βήμα για την ενίσχυση της διαπραγμάτευσης μεταξύ των μαθητών γύρω από τις συνεργατικές επιφάνειες πολλών χρηστών στα σημεία ακριβώς που επιδιώκεται η διαπραγμάτευση αυτή. Ένας από τους πιο διαδεδομένους τρόπους ενίσχυσής της συνεργασίας είναι η χρήση σεναρίων συνεργασίας (collaboration scripts), δηλαδή ενός συνόλου από οδηγίες σχετικά με τον τρόπο αλληλεπίδρασης των μελών της ομάδας και τον τρόπο με τον οποίο θα πρέπει να συνεργάζονται για να λύσουν το πρόβλημα. Πιθανά, η μελέτη βάσει τέτοιων αρχών και κανόνων να μπορεί να δώσει μία διαφορετική κατεύθυνση στον συνεργατικό προγραμματισμό.

Την περίοδο που πραγματοποιήθηκε το πείραμα της κύριας έρευνας σε σχολείο του Λονδίνου, υπήρξε μία ομάδα πέντε μαθητών 17 ετών που ζήτησαν να συμμετάσχουν στη μελέτη, όταν έμαθαν για αυτήν από μικρότερους μαθητές. Τους εξηγήθηκε πως η μελέτη αφορούσε μικρές ηλικίες μαθητών, αλλά, φυσικά τους επιτράπηκε να χρησιμοποιήσουν το διαδραστικό τραπέζι στον ελεύθερο χρόνο τους. Με έκπληξη διαπιστώθηκε πως οι μαθητές προσπάθησαν να λύσουν τις τέσσερις δραστηριότητες επί δύο συνεχόμενες ώρες μετά τη λήξη του σχολικού ωραρίου. Την επόμενη μέρα ζήτησαν να τους δοθεί κάποιος υπερσύνδεσμος «για να κατεβάσουν το παιχνίδι γιατί είναι εθιστικό». Έτσι, με βάση το γεγονός πως οι περισσότερες οθόνες σε νέους υπολογιστές laptop και σε ταμπλέτες επιτρέπουν την ταυτόχρονη διάδραση με

πάνω από 4-5 σημεία ταυτόχρονης αφής αποφασίστηκε να σχεδιαστεί εξ αρχής το περιβάλλον που χρησιμοποιήθηκε στο Κεφάλαιο 4, να γίνει online και να μπορεί να χρησιμοποιηθεί εύκολα μέσω ενός σύγχρονου φυλλομετρητή (browser) και να μπορούν να το χρησιμοποιήσουν πολλοί χρήστες.

Το πρώτο απλό online mini προγραμματιστικό περιβάλλον συνεργατικού οπτικού προγραμματισμού βρίσκεται στη διεύθυνση www.group-programming.com/test.html και σχεδιάστηκε ως εργαλείο που μπορεί να προσφέρει τη δυνατότητα συνεργασίας σε απλά προβλήματα που απαιτούν αλγοριθμική λύση. Έχει ως κεντρικό χαρακτήρα μία χελώνα που μπορεί να προγραμματιστεί από τον χρήστη. Προς το παρόν, μόνο οι εντολές Repeat, Move forward, Rotate left και Rotate right έχουν υλοποιηθεί. Επιπλέον, θα σχεδιαστεί εκ νέου ο τρόπος με τον οποίο υλοποιείται η αρχή της Συναίνεσης-Ανοχής, έτσι ώστε να υποστηριχθεί η διαπραγμάτευση των μαθητών. Για τον σχεδιασμό του έγινε προσπάθεια να διατηρηθούν τα βασικά χαρακτηριστικά του πρωτότυπου περιβάλλοντος, όπως αυτά περιγράφηκαν στο Κεφάλαιο 4. Τεχνικά, απλά αναφέρεται πως υλοποιήθηκε σε HTML5 και Javascript, μέσω της βιβλιοθήκης PixiJS.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Abednego, M., Lee, J.-H., Moon, W., & Park, J.-H. (2009). *I-Grabber: expanding physical reach in a large-display tabletop environment through the use of a virtual grabber*. Paper presented at the Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, Banff, Alberta, Canada.

AlAgha, I., Hatch, A., Ma, L., & Burd, L. (2010). *Towards a teacher-centric approach for multi-touch surfaces in classrooms*. Paper presented at the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces.

Aliakseyeu, D., Subramanian, S., & Alexander, J. (2010). Supporting Atomic User Actions on the Table. In C. Müller-Tomfelde (Ed.), *Tabletops - Horizontal Interactive Displays* (pp. 223-247): Springer London.

Amershi, S., Morris, M. R., Moraveji, N., Balakrishnan, R., & Toyama, K. (2010). *Multiple mouse text entry for single-display groupware*. Paper presented at the Proceedings of the 2010 ACM conference on Computer supported cooperative work, Savannah, Georgia, USA.

Annett, M., Anderson, F., Goertzen, D., Halton, J., Ranson, Q., Bischof, W. F., & Boulanger, P. (2009). *Using a multi-touch tabletop for upper extremity motor rehabilitation*. Paper presented at the Proceedings of the 21st Annual Conference of the Australian Computer-Human Interaction Special Interest Group: Design: Open 24/7, Melbourne, Australia.

Anstead, E., Durrant, A., Benford, S., & Kirk, D. (2012). *Tabletop games for photo consumption at theme parks*. Paper presented at the Proceedings of the 2012 ACM international conference on Interactive tabletops and surfaces, Cambridge, Massachusetts, USA.

Antle, A. N., Bevans, A., Tanenbaum, J., Seaborn, K., & Wang, S. (2011). *Futura: design for collaborative learning and game play on a multi-touch digital tabletop*. Paper presented at the Proceedings of the fifth international conference on Tangible, embedded, and embodied interaction, Funchal, Portugal.

Antona, M., Leonidis, A., Margetis, G., Korozi, M., Ntoa, S., & Stephanidis, C. (2011). A Student-Centric Intelligent Classroom Ambient Intelligence. In D. Keyson, M. Maher, N. Streitz, A. Cheok, J. Augusto, R. Wichert, G. Englebienne, H. Aghajan & B. Kröse (Eds.), (Vol. 7040, pp. 248-252): Springer Berlin / Heidelberg.

Bachl, S., Tomitsch, M., Kappel, K., & Grechenig, T. (2011). *The effects of personal displays and transfer techniques on collaboration strategies in multi-touch based multi-display environments*.

Paper presented at the Proceedings of the 13th IFIP TC 13 international conference on Human-computer interaction - Volume Part III, Lisbon, Portugal.

Bailly, G., Müller, J., & Lecolinet, E. (2012). Design and evaluation of finger-count interaction: Combining multitouch gestures and menus. *International Journal of Human-Computer Studies*, 70(10), 673-689. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2012.05.006>

Banerjee, A., Burstyn, J., Girouard, A., & Vertegaal, R. (2011). *Pointable: an in-air pointing technique to manipulate out-of-reach targets on tabletops*. Paper presented at the Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, Kobe, Japan.

Bartindale, T., Sheikh, A., Taylor, N., Wright, P., & Olivier, P. (2012). *StoryCrate: tabletop storyboarding for live film production*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Austin, Texas, USA.

Basheri, M., Burd, L., & Baghaei, N. (2012). *A multi-touch interface for enhancing collaborative UML diagramming*. Paper presented at the Proceedings of the 24th Australian Computer-Human Interaction Conference, Melbourne, Australia.

Battocchi, A., Pianesi, F., Tomasini, D., Zancanaro, M., Esposito, G., Venuti, P., & Weiss, P. L. (2009). *Collaborative Puzzle Game: a tabletop interactive game for fostering collaboration in children with Autism Spectrum Disorders (ASD)*. Paper presented at the Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, Banff, Alberta, Canada.

Baur, D., Hering, B., Boring, S., & Butz, A. (2011). *Who needs interaction anyway: exploring mobile playlist creation from manual to automatic*. Paper presented at the Proceedings of the 16th international conference on Intelligent user interfaces, Palo Alto, CA, USA.

Beheshti, E., Devender, A. V., & Horn, M. (2012). *Touch, click, navigate: comparing tabletop and desktop interaction for map navigation tasks*. Paper presented at the Proceedings of the 2012 ACM international conference on Interactive tabletops and surfaces, Cambridge, Massachusetts, USA.

Bella, d., Fronza, Phaphoom, Sillitti, Succi, & Vlasenko. (2013). Pair Programming and Software Defects--A Large, Industrial Case Study. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 39(7), 930-953. doi: 10.1109/tse.2012.68

Bennett, S., & Oliver, M. (2011). Talking back to theory: the missed opportunities in learning technology research. *Research in Learning Technology*, 19(2).

- Bergweiler, S., Deru, M., & Ndiaye, A. (2010). *A collaborative touch-based newspaper editor concept*. Paper presented at the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, Saarbrücken, Germany.
- Bligh, B., & Pearshouse, I. (2011). Doing Learning Space Evaluations. In A. Boddington & J. Boys (Eds.), *Re-shaping learning? A critical reader : the future of learning spaces in post-compulsory learning* (pp. 3-18). Rotterdam: SensePublishers.
- Boud, D., & Lee, A. (2005). 'Peer learning' as pedagogic discourse for research education. *Studies in Higher Education*, 30(5), 501-516.
- Boys, J., & Smith, H. (2011). What do we know about what Is Being Built? In A. Boddington & J. Boys (Eds.), *Re-shaping learning? A critical reader : the future of learning spaces in post-compulsory learning* (pp. 33-47). Rotterdam: SensePublishers.
- Broll, G., Vodicka, E., & Boring, S. (2013). Exploring multi-user interactions with dynamic NFC-displays. *Pervasive and Mobile Computing*, 9(2), 242-257.
- Brooke, J. (1996). SUS: A quick and dirty usability scale. In P. W. Jordan, B. Weerdmeester, A. Thomas & I. L. McLelland (Eds.), *Usability evaluation in industry*: Taylor and Francis.
- Brooks, D. C. (2011). Space matters: The impact of formal learning environments on student learning. *British Journal of Educational Technology*, 42(5), 719-726. doi: 10.1111/j.1467-8535.2010.01098.x
- Brooks, D. C. (2012). Space and Consequences: The Impact of Different Formal Learning Spaces on Instructor and Student Behavior. *Journal of Learning Spaces*, 2(1).
- Burnes, B., & Cooke, B. (2013). Kurt Lewin's Field Theory: A Review and Re-evaluation. *International Journal of Management Reviews*, 15(4), 408-425.
- Butler, M., McGivern, D., Artmann, A., & Morgan, M. (2010). *Multi-touch display technology and collaborative learning tasks*. Paper presented at the World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications.
- Cao, X., Lindley, S. E., Helmes, J., & Sellen, A. (2010). *Telling the whole story: anticipation, inspiration and reputation in a field deployment of TellTable*. Paper presented at the Proceedings of the 2010 ACM conference on Computer supported cooperative work, Savannah, Georgia, USA.

Cappelletti, A., Gelmini, G., Pianesi, F., Rossi, F., & Zancanaro, M. (2004). *Enforcing Cooperative Storytelling: First Studies*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies.

Carvalho, D., Bessa, M., Oliveira, L., Guedes, C., Peres, E., & Magalhães, L. (2012). New Interaction Paradigms to Fight the Digital Divide: A Pilot Case Study Regarding Multi-Touch Technology. *Procedia Computer Science*, 14(0), 128-137. doi: [dx.doi.org/10.1016/j.procs.2012.10.015](https://doi.org/10.1016/j.procs.2012.10.015)

Chen, G., Shen, J., Barth-Cohen, L., Jiang, S., Huang, X., & Eltoukhy, M. (2017). Assessing elementary students' computational thinking in everyday reasoning and robotics programming. *Computers & Education*, 109, 162-175. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.03.001>

Choi, H.-H., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2014). Effects of the Physical Environment on Cognitive Load and Learning: Towards a New Model of Cognitive Load. [journal article]. *Educational Psychology Review*, 26(2), 225-244. doi: 10.1007/s10648-014-9262-6

Chua, K. C., Qin, Y., Block, F., Phillips, B., Diamond, J., Evans, E. M., & Horn, M. S. (2012). *FloTree: a multi-touch interactive simulation of evolutionary processes*. Paper presented at the Proceedings of the 2012 ACM international conference on Interactive tabletops and surfaces, Cambridge, Massachusetts, USA.

Clayphan, A., Collins, A., Ackad, C., Kummerfeld, B., & Kay, J. (2011). *Firestorm: a brainstorming application for collaborative group work at tabletops*. Paper presented at the Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, Kobe, Japan.

Cockburn, A., & Williams, L. (2001). The costs and benefits of pair programming *Extreme programming examined* (pp. 223-243): Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.

Collins, A., Ackad, C. J., Apted, T., Sztajer, P., Ward, P., Weng, H., & Kay, J. (2011). *Core functionality and new applications for tabletops and interactive surfaces*. Paper presented at the Proceedings of the 13th international conference on Ubiquitous computing, Beijing, China.

Coman, I. D., Robillard, P. N., Sillitti, A., & Succi, G. (2014). Cooperation, collaboration and pair-programming: Field studies on backup behavior. *Journal of Systems and Software*, 91(Supplement C), 124-134. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2013.12.037>

Conradi, B., Lerch, V., Hommer, M., Kowalski, R., Vletsou, I., & Hussmann, H. (2011). *Flow of electrons: an augmented workspace for learning physical computing experientially*. Paper presented at the Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, Kobe, Japan.

- Coughlan, T., Collins, T. D., Adams, A., Rogers, Y., Haya, P. A., & Martín, E. (2012). The conceptual framing, design and evaluation of device ecologies for collaborative activities. *International Journal of Human-Computer Studies*, 70(10), 765-779. doi: 10.1016/j.ijhcs.2012.05.008
- Dalsgaard, P., & Halskov, K. (2012). *Tangible 3D tabletops: combining tangible tabletop interaction and 3D projection*. Paper presented at the Proceedings of the 7th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Making Sense Through Design, Copenhagen, Denmark.
- Damaraju, S., & Kerne, A. (2011). *Comparing multi-touch interaction techniques for manipulation of an abstract parameter space*. Paper presented at the Proceedings of the 13th international conference on multimodal interfaces, Alicante, Spain.
- De Araújo, B. R., Casiez, G., Jorge, J. A., & Hachet, M. (2013). Mockup Builder: 3D modeling on and above the surface. *Computers & Graphics*, 37(3), 165-178. doi: 10.1016/j.cag.2012.12.005
- Denner, J., Werner, L., Campe, S., & Ortiz, E. (2014). Pair Programming: Under What Conditions Is It Advantageous for Middle School Students? *Journal of Research on Technology in Education*, 46(3), 277-296. doi: 10.1080/15391523.2014.888272
- Derboven, J., Roeck, D. D., Verstraete, M., Geerts, D., Schneider-Barnes, J., & Luyten, K. (2010). *Comparing user interaction with low and high fidelity prototypes of tabletop surfaces*. Paper presented at the Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Extending Boundaries, Reykjavik, Iceland.
- Dillenbourg, P., & Evans, M. (2011). Interactive tabletops in education. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 6(4), 491-514. doi: 10.1007/s11412-011-9127-7
- Do-Lenh, S., Kaplan, F., & Dillenbourg, P. (2009). *Paper-based concept map: the effects of tabletop on an expressive collaborative learning task*. Paper presented at the Proceedings of the 23rd British HCI Group Annual Conference on People and Computers: Celebrating People and Technology, Cambridge, United Kingdom.
- Dori, Y. J., Belcher, J., Bessette, M., Danziger, M., McKinney, A., & Hult, E. (2003). Technology for active learning. *Materials Today*, 6(12), 44-49. doi: 10.1016/s1369-7021(03)01225-2
- Dudek, M. (2000). *Architecture of schools: the new learning environments*. Oxford: Architectural Press.
- Ellis, R. A., & Goodyear, P. (2016). Models of learning space: integrating research on space, place and learning in higher education. *Review of Education*, 4(2), 149-191. doi: 10.1002/rev3.3056

Evans, M. A., Drechsel, E., Woods, E., & Cui, G. (2010). *Multi-touch tabletop computing for early childhood mathematics: 3d interaction with tangible user interfaces*. Paper presented at the Proceedings of the 9th International Conference of the Learning Sciences - Volume 2, Chicago, Illinois.

Evans, M. A., & Rick, J. (2010). *Collaborative learning with interactive surfaces: an interdisciplinary agenda*. Paper presented at the Proceedings of the 9th International Conference of the Learning Sciences - Volume 2, Chicago, Illinois.

Ferdig, R. E. (2006). Assessing technologies for teaching and learning: understanding the importance of technological pedagogical content knowledge. [10.1111/j.1467-8535.2006.00559.x]. *British Journal of Educational Technology*, 37(5), 749-760.

Fikkert, W., Hakvoort, M., Vet, P. v. d., & Nijholt, A. (2009). *FeelSound: collaborative composing of acoustic music*. Paper presented at the Proceedings of the International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology, Athens, Greece.

Fleck, R., Rogers, Y., Yuill, N., Marshall, P., Carr, A., Rick, J., & Bonnett, V. (2009). *Actions speak loudly with words: unpacking collaboration around the table*. Paper presented at the Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, Banff, Alberta, Canada.

Flutter, J. (2006). 'This place could help you learn': student participation in creating better school environments. *Educational Review*, 58(2), 183-193. doi: 10.1080/00131910600584116

Frokjaer, E., Hertzum, M., & Hornbaek, K. (2000). *Measuring usability: are effectiveness, efficiency, and satisfaction really correlated?* Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems, The Hague, The Netherlands.

Geyer, F., Klinkhammer, D., & Reiterer, H. (2010). *Supporting creativity workshops with interactive tabletops and digital pen and paper*. Paper presented at the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, Saarbrücken, Germany.

Goh, W.-B., Shou, W., Tan, J., & Lum, G. T. J. (2012). *Interaction design patterns for multi-touch tabletop collaborative games*. Paper presented at the CHI '12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, Austin, Texas, USA.

Guney, A., & Al, S. (2012). Effective Learning Environments in Relation to Different Learning Theories. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46(0), 2334-2338. doi: 10.1016/j.sbspro.2012.05.480

Gunn, C., & Steel, C. (2012). Linking theory to practice in learning technology research. *Research in Learning Technology*, 20.

Harris, A., Rick, J., Bonnett, V., Yuill, N., Fleck, R., Marshall, P., & Rogers, Y. (2009). *Around the table: are multiple-touch surfaces better than single-touch for children's collaborative interactions?* Paper presented at the Proceedings of the 9th international conference on Computer supported collaborative learning - Volume 1, Rhodes, Greece.

Harsley, R., Fossati, D., Eugenio, B. D., & Green, N. (2017). *Interactions of Individual and Pair Programmers with an Intelligent Tutoring System for Computer Science*. Paper presented at the Proceedings of the 2017 ACM SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education, Seattle, Washington, USA.

Hart. (2006). Nasa-Task Load Index (NASA-TLX); 20 Years Later. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 50(9), 904-908. doi: 10.1177/154193120605000909

Hart, & Staveland. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. In P. A. Hancock & N. Meshkati (Eds.), *Advances in Psychology* (Vol. 52, pp. 139-183): North-Holland.

Hatch, A., Higgins, S., Joyce-Gibbons, A., & Mercier, E. (2011). NumberNet: Using multi-touch technology to support within and between-group mathematics learning. *Proceedings of CSCL 2011*.

Hauke, J., & Kossowski, T. (2011). Comparison of Values of Pearson's and Spearman's Correlation Coefficients on the Same Sets of Data. In u8uli8 (Ed.), *Quaestiones Geographicae* (Vol. 30, pp. 87).

Helmes, J., Cao, X., Lindley, S. E., & Sellen, A. (2009). *Developing the story: designing an interactive storytelling application*. Paper presented at the Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, Banff, Alberta, Canada.

Hesselmann, T., & Boll, S. (2010). *SCiVA: a design process for applications on interactive surfaces*. Paper presented at the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, Saarbrücken, Germany.

Hesselmann, T., Heuten, W., & Boll, S. (2011). *Tap2Count: numerical input for interactive tabletops*. Paper presented at the Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, Kobe, Japan.

Higgins, Hall, Wall, Woolner, & McCaughey. (2005). The Impact of School Environments: A literature review.

- Higgins, Mercier, Burd, & Hatch. (2011). Multi-touch tables and the relationship with collaborative classroom pedagogies: A synthetic review. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 6(4), 515-538. doi: 10.1007/s11412-011-9131-y
- Higgins, Mercier, Burd, & Joyce-Gibbons. (2012). Multi-touch tables and collaborative learning. *British Journal of Educational Technology*, 43(6), 1041-1054. doi: 10.1111/j.1467-8535.2011.01259.x
- Hilliges, O., Izadi, S., Wilson, A. D., Hodges, S., Garcia-Mendoza, A., & Butz, A. (2009). *Interactions in the air: adding further depth to interactive tabletops*. Paper presented at the Proceedings of the 22nd annual ACM symposium on User interface software and technology, Victoria, BC, Canada.
- Hinrichs, U., & Carpendale, S. (2011). *Gestures in the wild: studying multi-touch gesture sequences on interactive tabletop exhibits*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Vancouver, BC, Canada.
- Hod, Y. (2017). Future Learning Spaces in Schools: Concepts and Designs from the Learning Sciences. [journal article]. *Journal of Formative Design in Learning*. doi: 10.1007/s41686-017-0008-y
- Holmes, J. (2011). Informal learning: Student achievement and motivation in science through museum-based learning. *Learning Environments Research*, 14(3), 263-277. doi: 10.1007/s10984-011-9094-y
- Hornecker, E., Marshall, P., Dalton, N. S., & Rogers, Y. (2008). *Collaboration and interference: awareness with mice or touch input*. Paper presented at the Proceedings of the 2008 ACM conference on Computer supported cooperative work, San Diego, CA, USA.
- Infante, C., Hidalgo, P., Nussbaum, M., Alarcón, R., & Gottlieb, A. (2009). Multiple Mice based collaborative one-to-one learning. *Computers & Education*, 53(2), 393-401.
- Ioannou, & Antoniou. (2016). Tabletops for Peace: Technology Enhanced Peacemaking in School Contexts. *Journal of Educational Technology & Society*, 19(2), 164-176.
- Ioannou, & Antoniou. (2017). Peacemaking Affordances of Shareable Interfaces: A Provocative Essay on Using Technology for Social Change. In P. Zaphiris & A. Ioannou (Eds.), *Learning and Collaboration Technologies. Novel Learning Ecosystems: 4th International Conference, LCT 2017, Held as Part of HCI International 2017, Vancouver, BC, Canada, July 9-14, 2017, Proceedings, Part I* (pp. 12-21). Cham: Springer International Publishing.
- Jackson, B., Schroeder, D., & Keefe, D. F. (2012). *Nailing down multi-touch: anchored above the surface interaction for 3D modeling and navigation*. Paper presented at the Proceedings of Graphics Interface 2012, Toronto, Ontario, Canada.

Jakobsen, & Hornbæk. (2012). *Proximity and physical navigation in collaborative work with a multi-touch wall-display*. Paper presented at the CHI '12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, Austin, Texas, USA.

Jakobsen, & Hornbæk. (2014). Up close and personal: Collaborative work on a high-resolution multitouch wall display. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 21(2), 11.

Jalal, & Tenney. (2014, 3-5 April 2014). *Use of SMART Table in educational institutions to enhance student learning performance*. Paper presented at the Proceedings of the 2014 Zone 1 Conference of the American Society for Engineering Education.

Jamil, I., Montero, C. S., Perry, M., O, K., Hara, Karnik, A., & Subramanian, S. (2017). Collaborating around Digital Tabletops: Children's Physical Strategies from India, the UK and Finland. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, 24(3), 1-30. doi: 10.1145/3058551

Jamil, I., O'Hara, K., Perry, M., Karnik, A., & Subramanian, S. (2011). *The effects of interaction techniques on talk patterns in collaborative peer learning around interactive tables*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Vancouver, BC, Canada.

Jamil, I., Perry, M., O'Hara, K., Karnik, A., Marshall, M. T., Jha, S., & Subramanian, S. (2012). *Group interaction on interactive multi-touch tables by children in India*. Paper presented at the Proceedings of the 11th International Conference on Interaction Design and Children, Bremen, Germany.

Jankowska, M., & Atlay, M. (2008). Use of creative space in enhancing students' engagement. *Innovations in Education and Teaching International*, 45(3), 271-279. doi: 10.1080/14703290802176162

Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1999). Making cooperative learning work. *Theory Into Practice*, 38(2), 67-73. doi: 10.1080/00405849909543834

Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2008). Social Interdependence Theory and Cooperative Learning: The Teacher's Role. In R. M. Gillies, A. F. Ashman & J. Terwel (Eds.), *The Teacher's Role in Implementing Cooperative Learning in the Classroom* (pp. 9-37). Boston, MA: Springer US.

Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2009). An Educational Psychology Success Story: Social Interdependence Theory and Cooperative Learning. *Educational Researcher*, 38(5), 365-379. doi: 10.3102/0013189X09339057

Jones, A. (2013). *Co-located collaboration in interactive spaces for preliminary design*. Université de Technologie de Compiègne. Retrieved from <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01067774>

Kalelioglu, F., & Gulbahar, Y. (2014). *The Effects of Teaching Programming via Scratch on Problem Solving Skills: A Discussion from Learners' Perspective* (Vol. 13).

Kaschny, M., Buron, S., Zadow, U. v., & Sostmann, K. (2010). *Medical education on an interactive surface*. Paper presented at the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, Saarbrücken, Germany.

Katsanos, C., Tselios, N., & Xenos, M. (2012, 5-7 Oct. 2012). *Perceived Usability Evaluation of Learning Management Systems: A First Step towards Standardization of the System Usability Scale in Greek*. Paper presented at the 2012 16th Panhellenic Conference on Informatics.

Kazi, R. H., Chua, K. C., Zhao, S., Davis, R., & Low, K.-L. (2011). *SandCanvas: a multi-touch art medium inspired by sand animation*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Vancouver, BC, Canada.

Kelleher, C., Cosgrove, D., Culyba, D., Forlines, C., Pratt, J., & Pausch, R. (2002). *Alice2: programming without syntax errors*. Paper presented at the User Interface Software and Technology.

Kendir, A., Gidel, T., Jones, A., & Lenne, D. (2013). *Verbal and nonverbal communication for evaluating interactive spaces*. Paper presented at the CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, Paris, France.

Kharrufa, A., Leat, D., & Olivier, P. (2010). *Digital mysteries: designing for learning at the tabletop*. Paper presented at the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, Saarbrücken, Germany.

Kin, K., Miller, T., Bollensdorff, B., DeRose, T., Hartmann, r., & Agrawala, M. (2011). *Eden: a professional multitouch tool for constructing virtual organic environments*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Vancouver, BC, Canada.

Klinkhammer, D., Nitsche, M., Specht, M., & Reiterer, H. (2011). *Adaptive personal territories for co-located tabletop interaction in a museum setting*. Paper presented at the Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, Kobe, Japan.

Könings, K. D., Bovill, C., & Woolner, P. (2017). Towards an interdisciplinary model of practice for participatory building design in education. *European Journal of Education*, 52(3), 306-317. doi: 10.1111/ejed.12230

- Könings, K. D., Seidel, T., & van Merriënboer, J. J. G. (2014). Participatory design of learning environments: integrating perspectives of students, teachers, and designers. [journal article]. *Instructional Science*, 42(1), 1-9. doi: 10.1007/s11251-013-9305-2
- Koutamanis, A., Heuer, J., & Könings, K. D. (2017). A visual information tool for user participation during the lifecycle of school building design: BIM. *European Journal of Education*, 52(3), 295-305. doi: 10.1111/ejed.12226
- Kristensson, P. O., Arnell, O., Bjork, A., Dahlback, N., Pennerup, J., Prytz, E., & Astrom, N. (2008). *InfoTouch: an explorative multi-touch visualization interface for tagged photo collections*. Paper presented at the Proceedings of the 5th Nordic conference on Human-computer interaction: building bridges, Lund, Sweden.
- Ladel, S., & Kortenkamp, U. (2013). An activity-theoretic approach to multi-touch tools in early maths learning. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 20(1).
- Laney, R., Dobbyn, C., Xambó, A., Schirosa, M., Miell, D., Littleton, K., & Dalton, N. (2010). *Issues and techniques for collaborative music making on multi-touch surfaces*. Paper presented at the 7th Sound and Music Computing Conference, Barcelona.
- Langner, R., Brosz, J., Dachsel, R., & Carpendale, S. (2010). *PhysicsBox: playful educational tabletop games*. Paper presented at the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, Saarbrücken, Germany.
- Law, N., Yuen, A., & Fox, R. (2011). Examining Innovativeness at the Classroom Level. *Educational Innovations Beyond Technology* (pp. 29-60): Springer US.
- Leiringer, R., & Cardellino, P. (2010). Schools for the twenty-first century: school design and educational transformation. *British Educational Research Journal*, 37(6), 915-934. doi: 10.1080/01411926.2010.508512
- Leman, P. J. (2010). Gender, collaboration and children's learning. *Educational dialogues: Understanding and promoting productive interaction*, 216-239.
- Lewis. (1993). IBM Computer Usability Satisfaction Questionnaires: Psychometric Evaluation and Instructions for Use. *Technical Report 54.786*.
- Lewis. (1995). IBM computer usability satisfaction questionnaires: psychometric evaluation and instructions for use. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 7(1), 57-78. doi: 10.1080/10447319509526110

Lewis. (2011). Is pair programming more effective than other forms of collaboration for young students? *Computer Science Education*, 21(2), 105-134. doi: 10.1080/08993408.2011.579805

Maguire, P., Maguire, R., Hyland, P., & Marshall, P. (2014). Enhancing collaborative learning using pair programming: Who benefits? *AISHE-J: The All Ireland Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 6(2).

Mäkelä, T., & Helfenstein, S. (2016). Developing a conceptual framework for participatory design of psychosocial and physical learning environments. [journal article]. *Learning Environments Research*, 19(3), 411-440. doi: 10.1007/s10984-016-9214-9

Maldonado, R. M., Dimitriadis, Y., Kay, J., Yacef, K., & Edbauer, M.-T. (2012). *Orchestrating a multi-tabletop classroom: from activity design to enactment and reflection*. Paper presented at the Proceedings of the 2012 ACM international conference on Interactive tabletops and surfaces, Cambridge, Massachusetts, USA.

Maldonado, R. M., Kay, J., & Yacef, K. (2010). *Collaborative concept mapping at the tabletop*. Paper presented at the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, Saarbrücken, Germany.

Maldonado, R. M., Kay, J., Yacef, K., & Schwendimann, B. (2012). *An interactive teacher's dashboard for monitoring groups in a multi-tabletop learning environment*. Paper presented at the Proceedings of the 11th international conference on Intelligent Tutoring Systems, Chania, Crete, Greece.

Mansor, E. I. (2012). *Evaluation of preschool children's fantasy play in the tabletop environment*. Paper presented at the Proceedings of the 24th Australian Computer-Human Interaction Conference, Melbourne, Australia.

Marshall, P., Morris, R., Rogers, Y., Kreitmayer, S., & Davies, M. (2011). *Rethinking 'multi-user': an in-the-wild study of how groups approach a walk-up-and-use tabletop interface*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Vancouver, BC, Canada.

Martin, S. H. (2002). THE CLASSROOM ENVIRONMENT AND ITS EFFECTS ON THE PRACTICE OF TEACHERS. *Journal of Environmental Psychology*, 22(1-2), 139-156. doi: 10.1006/jevp.2001.0239

Martinez, R., Collins, A., Kay, J., & Yacef, K. (2011). *Who did what? Who said that?: Collaid: an environment for capturing traces of collaborative learning at the tabletop*. Paper presented at the Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, Kobe, Japan.

McAdam, C., & Brewster, S. (2011). *Using mobile phones to interact with tabletop computers*. Paper presented at the Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, Kobe, Japan.

McCrindle, C., Hornecker, E., Lingnau, A., & Rick, J. (2011). *The design of t-vote: a tangible tabletop application supporting children's decision making*. Paper presented at the Proceedings of the 10th International Conference on Interaction Design and Children, Ann Arbor, Michigan.

McDowell, Werner, Bullock, & Fernald. (2006). Pair programming improves student retention, confidence, and program quality. *Commun. ACM*, 49(8), 90-95. doi: 10.1145/1145287.1145293

McGivern, D., Morgan, M., & Butler, M. (2012). *Learning Theory for Collaborative Large Shared Digital Spaces*. Paper presented at the World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2012, Denver, Colorado, USA.

McLellan, S., Muddimer, A., & Peres, S. C. (2012). The effect of experience on system usability scale ratings. *J. Usability Studies*, 7(2), 56-67.

Meerbaum-Salant, O., Armoni, M., & Ben-Ari, M. (2010). *Learning computer science concepts with scratch*. Paper presented at the Proceedings of the Sixth international workshop on Computing education research, Aarhus, Denmark.

Mercier. (2016). Teacher orchestration and student learning during mathematics activities in a smart classroom. *International Journal of Smart Technology and Learning*, 1(1), 33-52. doi: 10.1504/ijsmarttl.2016.078160

Mercier, & Higgins. (2013). Collaborative learning with multi-touch technology: Developing adaptive expertise. *Learning and Instruction*, 25(0), 13-23. doi: 10.1016/j.learninstruc.2012.10.004

Mercier, Higgins, Burd, & McNaughton. (2012). *ITS in the classroom: perspectives on using a multi-touch classroom*. Paper presented at the Proceedings of the 2012 ACM international conference on Interactive tabletops and surfaces, Cambridge, Massachusetts, USA.

Mercier, Higgins, & Joyce-Gibbons. (2016). The effects of room design on computer-supported collaborative learning in a multi-touch classroom. *Interactive Learning Environments*, 24(3), 504-522. doi: 10.1080/10494820.2014.881392

Mercier, Vourloumi, & Higgins. (2017). Student interactions and the development of ideas in multi-touch and paper-based collaborative mathematical problem solving. *British Journal of Educational Technology*, 48(1), 162-175. doi: 10.1111/bjet.12351

Mikropoulos, T. A., & Natsis, A. (2011). Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999–2009). *Computers & Education*, 56(3), 769-780. doi: 10.1016/j.compedu.2010.10.020

Moraveji, N. (2009). Retrieved 19/1, 2018, from http://moraveji.org/images/projects/med_action10.jpg

Moraveji, N., Inkpen, K., Cutrell, E., & Balakrishnan, R. (2009). *A mischief of mice: examining children's performance in single display groupware systems with 1 to 32 mice*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Boston, MA, USA.

Moraveji, N., Kim, T., Ge, J., Pawar, U. S., Mulcahy, K., & Inkpen, K. (2008). *Mischief: supporting remote teaching in developing regions*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Florence, Italy.

Morgan, M., & Butler, M. (2009). *Considering multi-touch display technology for collaboration in the classroom*. Paper presented at the World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications.

Morris, M. R., Lombardo, J., & Wigdor, D. (2010). *WeSearch: supporting collaborative search and sensemaking on a tabletop display*. Paper presented at the Proceedings of the 2010 ACM conference on Computer supported cooperative work, Savannah, Georgia, USA.

Mulcahy, D., Cleveland, B., & Aberton, H. (2015). Learning spaces and pedagogic change: envisioned, enacted and experienced. *Pedagogy, Culture & Society*, 23(4), 575-595. doi: 10.1080/14681366.2015.1055128

Ning, C., & Zhou, S. (2010). The music pattern: A creative tabletop music creation platform. *Comput. Entertain.*, 8(2), 1-15. doi: 10.1145/1899687.1899695

Olson, I. C., & Horn, M. S. (2011). *Modeling on the table: agent-based modeling in elementary school with NetTango*. Paper presented at the Proceedings of the 10th International Conference on Interaction Design and Children, Ann Arbor, Michigan.

Oppl, S., & Stary, C. (2011). *Effects of a tabletop interface on the co-construction of concept maps*. Paper presented at the Proceedings of the 13th IFIP TC 13 international conference on Human-computer interaction - Volume Part III, Lisbon, Portugal.

Paechter, C., & Open, U. (2001). *Learning, space and identity* (Vol. Learning matters: challenges of the information age : second level Open University course E211). London: Paul Chapman.

Papert. (1980). *Mindstorms: children, computers, and powerful ideas*: Basic Books, Inc.

Pawar, U. S., Pal, J., & Toyama, K. (2006, May 2006). *Multiple Mice for Computers in Education in Developing Countries*. Paper presented at the Information and Communication Technologies and Development, 2006. ICTD '06. International Conference on.

Piaget, J. (1977). The figurative and operative aspects of the cognitive functions. In W. F. Overton & J. M. Gallagher (Eds.), *Knowledge and Development*: Plenum Press.

Piper, A. M., & Hollan, J. D. (2009). *Tabletop displays for small group study: affordances of paper and digital materials*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Boston, MA, USA.

Prawat, R. S. (1996). Constructivisms, modern and postmodern. *Educational Psychologist*, 31(3-4), 215-225. doi: 10.1080/00461520.1996.9653268

Punie, Y. (2007). Learning Spaces: an ICT-enabled model of future learning in the Knowledge-based Society. *European Journal of Education*, 42(2), 185-199. doi: 10.1111/j.1465-3435.2007.00302.x

Pykhtina, O., Balaam, M., Pattison, S., Wood, G., & Olivier, P. (2012). *Magic land: play therapy on interactive tabletops*. Paper presented at the CHI '12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, Austin, Texas, USA.

Pykhtina, O., Balaam, M., Wood, G., Pattison, S., Kharrufa, A., & Olivier, P. (2012). *Magic land: the design and evaluation of an interactive tabletop supporting therapeutic play with children*. Paper presented at the Proceedings of the Designing Interactive Systems Conference, Newcastle Upon Tyne, United Kingdom.

Qin, Y., Wu, C., & Shi, Y. (2012). *PiMarking: co-located collaborative digital annotating on large tabletops*. Paper presented at the Proceedings of the 2012 ACM international conference on Interactive tabletops and surfaces, Cambridge, Massachusetts, USA.

Raab, F. (2011). *Collaborative code reviews on interactive surfaces*. Paper presented at the Proceedings of the 29th Annual European Conference on Cognitive Ergonomics, Rostock, Germany.

Rana, M. T., Robert, M. B., Eugene, B., Philip, C. A., & Richard, F. S. (2011). What Forty Years of Research Says About the Impact of Technology on Learning: A Second-Order Meta-Analysis and Validation Study. *Review of Educational Research*, 81(1), 4-28. doi: 10.3102/0034654310393361

Reeves, T., Herrington, J., & Oliver, R. (2005). Design research: A socially responsible approach to instructional technology research in higher education. *Journal of Computing in Higher Education*, 16(2), 96-115. doi: 10.1007/bf02961476

Reigeluth, C. M., Carr-Chellman, A., Beabout, B., & Watson, W. (2009). Creating Shared Visions of the Future for K-12 Education: A Systemic Transformation Process for a Learner-Centered Paradigm Learning and Instructional Technologies for the 21st Century. In L. Moller, J. B. Huett & D. M. Harvey (Eds.), (pp. 1-19): Springer US.

Richert, D., Halabi, A., Eaglin, A., Edwards, M., & Bardzell, S. (2011). *Arrange-A-Space: tabletop interfaces and gender collaboration*. Paper presented at the CHI '11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, Vancouver, BC, Canada.

Rick, J., Francois, P., Fields, B., Fleck, R., Yuill, N., & Carr, A. (2010). *Lo-fi prototyping to design interactive-tabletop applications for children*. Paper presented at the Proceedings of the 9th International Conference on Interaction Design and Children, Barcelona, Spain.

Rick, J., Harris, A., Marshall, P., Fleck, R., Yuill, N., & Rogers, Y. (2009). *Children designing together on a multi-touch tabletop: an analysis of spatial orientation and user interactions*. Paper presented at the Proceedings of the 8th International Conference on Interaction Design and Children, Como, Italy.

Rick, J., Marshall, P., & Yuill, N. (2011). *Beyond one-size-fits-all: how interactive tabletops support collaborative learning*. Paper presented at the Proceedings of the 10th International Conference on Interaction Design and Children, Ann Arbor, Michigan.

Rick, J., Rogers, Y., Haig, C., & Yuill, N. (2009). Learning by doing with shareable interfaces. *Children, Youth and Environments*, 19(1), 321-342.

RMEasiteach. (2014) Retrieved 8/3/2015, from <http://easiteach.com/usa/>

Rodriguez, Price, & Boyer. (2017). *Exploring the Pair Programming Process: Characteristics of Effective Collaboration*. Paper presented at the Proceedings of the 2017 ACM SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education, Seattle, Washington, USA.

Roeck, D. D., Derboven, J., Verstraete, M., & Geerts, D. (2010). *Bridging the real and the virtual: low and high fidelity tabletop prototyping*. Paper presented at the Proceedings of the 2010 international conference on The Interaction Design, UK.

Rogers, Y., & Lindley, S. (2004). Collaborating around vertical and horizontal large interactive displays: which way is best? *Interacting with Computers*, 16(6), 1133-1152. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.intcom.2004.07.008>

- Rogers, Y., Scaife, M., Gabrielli, S., Smith, H., & Harris, E. (2002). A conceptual framework for mixed reality environments: designing novel learning activities for young children. *Presence: Teleoper. Virtual Environ.*, 11(6), 677-686. doi: 10.1162/105474602321050776
- Roschelle, J. M. (1992). Learning by collaborating: Convergent conceptual change. *Journal of the Learning Sciences*, 2, 235-276. doi: citeulike-article-id:4046312
- Sáez-López, J.-M., Román-González, M., & Vázquez-Cano, E. (2016). Visual programming languages integrated across the curriculum in elementary school: A two year case study using “Scratch” in five schools. *Computers & Education*, 97, 129-141. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.003>
- Salehi, S., Schneider, B., & Blikstein, P. (2012). *Comparing the effect of interactive tabletops and desktops on students' cognition*. Paper presented at the Proceedings of the 2012 ACM international conference on Interactive tabletops and surfaces, Cambridge, Massachusetts, USA.
- Salinger, S., Zieris, F., & Prechelt, L. (2013). *Liberating pair programming research from the oppressive Driver/Observer regime*. Paper presented at the Proceedings of the 2013 International Conference on Software Engineering, San Francisco, CA, USA.
- Sauro, J. (2011). Does prior experience affect perceptions of usability?, Retrieved 8/3/2015 from <http://www.measuringusability.com/blog/prior-exposure.php>
- Schiavo, G., Jacucci, G., Ilmonen, T., & Gamberini, L. (2011). *Evaluating an automatic rotation feature in collaborative tabletop workspaces*. Paper presented at the CHI '11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, Vancouver, BC, Canada.
- Schmidt, D., Chong, M. K., & Gellersen, H. (2010). *IdLenses: dynamic personal areas on shared surfaces*. Paper presented at the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, Saarbrücken, Germany.
- Schneider, B. (2012). *Designing tabletop activities for inquiry-based learning: lessons from phylogenetics, neuroscience and logistics*. Paper presented at the Proceedings of the 2012 ACM international conference on Interactive tabletops and surfaces, Cambridge, Massachusetts, USA.
- Schneider, B., Strait, M., Muller, L., Elfenbein, S., Orit, Shaer, & Shen. (2012). *Phylo-Genie: engaging students in collaborative 'tree-thinking' through tabletop techniques*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Austin, Texas, USA.
- Schneider, B., Tobiasz, M., Willis, C., & Shen, C. (2012). *WALDEN: multi-surface multi-touch simulation of climate change and species loss in thoreau's woods*. Paper presented at the

Proceedings of the 2012 ACM international conference on Interactive tabletops and surfaces, Cambridge, Massachusetts, USA.

Scott-Webber, L. (2004). *In sync: Environmental behavior research and the design of learning spaces*: Society for College and University Planning.

Scott, K. (2010). Context-Aware Services for Smart Learning Spaces. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 3, 214-227.

Scott, S., McClelland, P., & Besacier, G. (2012). *Bridging private and shared interaction surfaces in co-located group settings*. Paper presented at the Proceedings of the 2012 ACM international conference on Interactive tabletops and surfaces, Cambridge, Massachusetts, USA.

Seifert, J., Simeone, A., Schmidt, D., Holleis, P., Reinartz, C., Wagner, M., & Rukzio, E. (2012). *MobiSurf: improving co-located collaboration through integrating mobile devices and interactive surfaces*. Paper presented at the Proceedings of the 2012 ACM international conference on Interactive tabletops and surfaces, Cambridge, Massachusetts, USA.

Selwyn, N. (2007). The use of computer technology in university teaching and learning: a critical perspective. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(2), 83-94. doi: 10.1111/j.1365-2729.2006.00204.x

Shaer, O., Kol, G., Strait, M., Fan, C., Grevet, C., & Elfenbein, S. (2010). *G-nome surfer: a tabletop interface for collaborative exploration of genomic data*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Atlanta, Georgia, USA.

Shaer, O., Strait, M., Valdes, C., Feng, T., Lintz, M., & Wang, H. (2011). *Enhancing genomic learning through tabletop interaction*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Vancouver, BC, Canada.

Shaer, O., Strait, M., Valdes, C., Wang, H., Feng, T., Lintz, M., & Liu, S. (2012). The design, development, and deployment of a tabletop interface for collaborative exploration of genomic data. *International Journal of Human-Computer Studies*, 70(10), 746-764. doi: 10.1016/j.ijhcs.2012.05.003

Shibutani, T. (1988). HERBERT BLUMER'S CONTRIBUTIONS TO TWENTIETH-CENTURY SOCIOLOGY. *Symbolic Interaction*, 11(1), 23-31. doi: 10.1525/si.1988.11.1.23

Slay, H., Siebörger, I., & Hodgkinson-Williams, C. (2008). Interactive whiteboards: Real beauty or just "lipstick"? *Computers & Education*, 51(3), 1321-1341.

- Soro, A., Iacolina, S. A., Scateni, R., & Uras, S. (2011). *Evaluation of user gestures in multi-touch interaction: a case study in pair-programming*. Paper presented at the Proceedings of the 13th international conference on multimodal interfaces, Alicante, Spain.
- Steimle, J., Khalilbeigi, M., Muhlhauser, M., & Hollan, J. D. (2010). *Physical and digital media usage patterns on interactive tabletop surfaces*. Paper presented at the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, Saarbrücken, Germany.
- Stock, O., Zancanaro, M., Koren, C., Rocchi, C., Eisikovits, Z., Goren-bar, D., . . . Weiss, P. (2008). *A co-located interface for narration to support reconciliation in a conflict: initial results from Jewish and Palestinian youth*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Florence, Italy.
- Stolcke, A., Coccaro, N., Bates, R., Taylor, P., Ess-Dykema, C. V., Ries, K., . . . Meteer, M. (2000). Dialogue act modeling for automatic tagging and recognition of conversational speech. *Comput. Linguist.*, 26(3), 339-373. doi: 10.1162/089120100561737
- Szewkis, E., Nussbaum, M., Rosen, T., Abalos, J., Denardin, F., Caballero, D., . . . Alcoholado, C. (2011). Collaboration within large groups in the classroom. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 6(4), 561-575. doi: 10.1007/s11412-011-9123-y
- Tang, A., Pahud, M., Carpendale, S., & Buxton, B. (2010). *VisTACO: visualizing tabletop collaboration*. Paper presented at the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, Saarbrücken, Germany.
- Temple, P. (2008). Learning spaces in higher education: an under-researched topic. *London Review of Education*, 6(3), 229-241. doi: 10.1080/14748460802489363
- Thomas, H. (2010). Learning spaces, learning environments and the dis‘placement’ of learning. *British Journal of Educational Technology*, 41(3), 502-511. doi: 10.1111/j.1467-8535.2009.00974.x
- Tondeur, J., De Bruyne, E., Van Den Driessche, M., McKenney, S., & Zandvliet, D. (2015). The physical placement of classroom technology and its influences on educational practices. *Cambridge Journal of Education*, 45(4), 537-556. doi: 10.1080/0305764x.2014.998624
- Torff, B., & Tirotta, R. (2010). Interactive whiteboards produce small gains in elementary students’ self-reported motivation in mathematics. *Computers & Education*, 54(2), 379-383.
- Tuddenham, P., Davies, I., & Robinson, P. (2009). *WebSurface: an interface for co-located collaborative information gathering*. Paper presented at the Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, Banff, Alberta, Canada.

- Vail, A. K., & Boyer, K. E. (2014). Identifying Effective Moves in Tutoring: On the Refinement of Dialogue Act Annotation Schemes. In S. Trausan-Matu, K. E. Boyer, M. Crosby & K. Panourgia (Eds.), *Intelligent Tutoring Systems: 12th International Conference, ITS 2014, Honolulu, HI, USA, June 5-9, 2014. Proceedings* (pp. 199-209). Cham: Springer International Publishing.
- Valdes, C., Ferreira, M., Feng, T., Wang, H., Tempel, K., Liu, S., & Shaer, O. (2012). *A collaborative environment for engaging novices in scientific inquiry*. Paper presented at the Proceedings of the 2012 ACM international conference on Interactive tabletops and surfaces, Cambridge, Massachusetts, USA.
- Valkov, D., Giesler, A., & Hinrichs, K. (2012). *Evaluation of depth perception for touch interaction with stereoscopic rendered objects*. Paper presented at the Proceedings of the 2012 ACM international conference on Interactive tabletops and surfaces, Cambridge, Massachusetts, USA.
- Valkov, D., Steinicke, F., Bruder, G., & Hinrichs, K. (2011). *2d touching of 3d stereoscopic objects*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Vancouver, BC, Canada.
- Valkov, D., Steinicke, F., Bruder, G., Hinrichs, K., Schoning, J., Daiber, F., & Kruger, A. (2010). *Touching floating objects in projection-based virtual reality environments*. Paper presented at the Proceedings of the 16th Eurographics conference on Virtual Environments & Second Joint Virtual Reality, Stuttgart, Germany.
- Van Horne, S., Murniati, C., Gaffney, J. D. H., & Jesse, M. (2012). Promoting Active Learning in Technology-Infused TILE Classrooms at the University of Iowa. *Journal of Learning Spaces*, 2(1).
- van Merriënboer, J. J. G., McKenney, S., Cullinan, D., & Heuer, J. (2017). Aligning pedagogy with physical learning spaces. *European Journal of Education*, 52(3), 253-267. doi: 10.1111/ejed.12225
- Vishkaie, R. S., & Levy, R. (2012). *Perception and reality: exploring urban planners' vision on GIS tasks for multi-touch displays*. Paper presented at the Proceedings of the 2012 ACM international conference on Interactive tabletops and surfaces, Cambridge, Massachusetts, USA.
- Voida, S., Tobiasz, M., Stromer, J., Isenberg, P., & Carpendale, S. (2009). *Getting practical with interactive tabletop displays: designing for dense data, "fat fingers," diverse interactions, and face-to-face collaboration*. Paper presented at the Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, Banff, Alberta, Canada.
- Vygotsky, L. S. (1962). *Thought and language*: MIT Press, Massachusetts Institute of Technology.

Werner, L., & Denning, J. (2009). Pair Programming in Middle School: What Does It Look Like? *Journal of Research on Technology in Education*, 42(1), 29-49.

Wesson, J., Vogts, D., & Sams, I. (2012). *Exploring the use of a multi-touch surface to support collaborative information retrieval*. Paper presented at the Proceedings of the South African Institute for Computer Scientists and Information Technologists Conference, Pretoria, South Africa.

Wilson, G., & Randall, M. (2012). The implementation and evaluation of a new learning space: a pilot study. *Research in Learning Technology*, 20.

Woolner, Hall, Higgins, McCaughey, & Wall. (2007). A sound foundation? What we know about the impact of environments on learning and the implications for Building Schools for the Future. *Oxford Review of Education*, 33(1), 47-70. doi: 10.1080/03054980601094693

Xambó, A., Laney, R., Dobbyn, C., & Jordà, S. (2011). Multi-touch interaction principles for collaborative real-time music activities: towards a pattern language. *International Computer Music Conference Proceedings*.

Yang, J., Dekker, A., Muhlberger, R., & Viller, S. (2009). *Exploring virtual representations of physical artefacts in a multi-touch clothing design collaboration system*. Paper presented at the Proceedings of the 21st Annual Conference of the Australian Computer-Human Interaction Special Interest Group: Design: Open 24/7, Melbourne, Australia.

Yuill, N., & Rogers, Y. (2012). Mechanisms for collaboration: A design and evaluation framework for multi-user interfaces. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, 19(1), 1-25. doi: 10.1145/2147783.2147784

Zancanaro, M., Stock, O., Eisikovits, Z., Koren, C., & Weiss, P. L. (2012). Co-narrating a conflict: An interactive tabletop to facilitate attitudinal shifts. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, 19(3), 1-30. doi: 10.1145/2362364.2362372

Zhang, Yang, X.-D., Ens, B., Liang, H.-N., Boulanger, P., & Irani, P. (2012). *See me, see you: a lightweight method for discriminating user touches on tabletop displays*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Austin, Texas, USA.

Zhang, T., Liu, J., & Shi, Y. (2012). *Enhancing collaboration in tabletop board game*. Paper presented at the Proceedings of the 10th asia pacific conference on Computer human interaction, Matsue-city, Shimane, Japan.

Zieris, F., & Prechelt, L. (2014). *On knowledge transfer skill in pair programming*. Paper presented at the Proceedings of the 8th ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement, Torino, Italy.

Zuill, W. (2014). *Mob Programming – a Whole Team Approach*. Paper presented at the Agile 2014 Conference, Orlando, Florida.

Μικρόπουλος, Τ. Α. (2004). *Έχει θέση η Logo ως γνωστικό αντικείμενο και ολιστικό πρότυπο στην υποχρεωτική εκπαίδευση;*. Paper presented at the Πρακτικά 2ης Διημερίδας με διεθνή συμμετοχή Διδακτικής της Πληροφορικής, Βόλος.

Ρεπαντής, & Κοντοσταυλάκη. (2010). *Ο ρόλος της τρισδιάστατης Ψηφιακής Μοντελοποίησης στη διδασκαλία του Προγραμματισμού: υλοποιώντας ένα μοντέλο του DNA – μια διαθεματική προσέγγιση*. Paper presented at the Πρακτικά 5ου Συνεδρίου Διδακτικής της Πληροφορικής, Αθήνα.

Ρεπαντής, & Λαδιάς. (2011). *Διδασκαλία του αναδρομικού αλγορίθμου «Πύργοι του Ανόι» στην Α΄ Λυκείου με το 3D προγραμματιστικό περιβάλλον Starlogo TNG*. Paper presented at the Πρακτικά 5ου Συνεδρίου Καθηγητών Πληροφορικής ΠΕΚΑΠ, Ιωάννινα.

Ρεπαντής, & Λαδιάς. (2012). *Ο ρόλος της 3D ψηφιακής μοντελοποίησης στη διδασκαλία του προγραμματισμού: Κατασκευή του 3D μοντέλου των Ιδανικών Αερίων από μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης*. Paper presented at the Proceedings of the CIE 3rd Conference on Informatics in Education, Πειραιάς.

Παράρτημα

Consent form for filming / photography child under 18 years of age



Dear Parent,

Your child has been selected to take part in a study on the effectiveness of teaching programming while using multi-touch interactive technologies.

Description

The objective of the study is to monitor the learning outcomes and the nature of the communication between students while they learn how to code. A cutting-edge learning technology (a multi-touch tabletop) will be used and a new technique in teaching Computer Science will be introduced and tested in our school. The aim is to test new ways to further improve our pupils' performance in programming.

The anonymity of the pupils is guaranteed under the responsibility of the ICT/Computer Science academic Department; all the recorded material will be retained and destroyed after the end of the study.

If you wish your child to take part, please complete the following:

Child's Name.....

Year

Parent/Guardian's Name

I hereby consent to the school using images of my above named child caught in video recordings, and/or photographs during lesson on Tuesday 16th and Thursday 18th May 2017.

I understand that:

- their images will be held in accordance with the Data Protection Act;

Signed by Parent.....

Date..... 15.05.2017

Signed by child.....