



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**«ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ –ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΝΕΩΝ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ»**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Εκπαιδευτική εφαρμογή συσκευής 3D Holographic Led Fan: Προσαρμογή,
εφαρμογή και αξιολόγηση συσκευής με τη χρήση 3D μοντέλων για τη
διδασκαλία Αρχαίου Ελληνικού και Αρχαίου Αιγυπτιακού πολιτισμού σε
μαθητές Ε' και ΣΤ' Δημοτικού»**

ΚΙΛΙΝΤΑΡΗ ΕΥΓΕΝΙΑ

ΡΟΔΟΣ , ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2022

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ – ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΝΕΩΝ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ»

**Εκπαιδευτική εφαρμογή συσκευής 3D Holographic Led Fan: Προσαρμογή,
εφαρμογή και αξιολόγηση συσκευής με τη χρήση 3D μοντέλων για τη
διδασκαλία Αρχαίου Ελληνικού και Αρχαίου Αιγυπτιακού πολιτισμού σε
μαθητές Ε' ΚΑΙ ΣΤ' Δημοτικού**

*

**Development, implementation, and evaluation of 3D models through 3D
Holographic Led Fan for teaching Ancient Greek and Ancient Egyptian culture
to 5th and 6th grade students**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

ΚΙΛΙΝΤΑΡΗ ΕΥΓΕΝΙΑ

A.M.: 4132020012

Επιβλέπων:

Φωκίδης Εμμανουήλ, Επίκουρος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Συμβουλευτική Επιτροπή:

Γιώργος Κατσαδώρος, Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Σοφός Αλιβίζος, Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

ΡΟΔΟΣ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2022

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ - ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Εκπαιδευτική εφαρμογή συσκευής 3D Holographic Led Fan: Προσαρμογή, εφαρμογή και αξιολόγηση συσκευής με τη χρήση 3D μοντέλων για τη διδασκαλία Αρχαίου Ελληνικού και Αρχαίου Αιγυπτιακού πολιτισμού σε μαθητές Ε' ΚΑΙ ΣΤ' Δημοτικού.



*

Development, implementation, and evaluation of 3D models through 3D Holographic Led Fan for teaching Ancient Greek and Ancient Egyptian culture to 5th and 6th grade students

ΚΙΛΙΝΤΑΡΗ ΕΥΓΕΝΙΑ

Επιβλέπων: Φωκίδης Εμμανουήλ, Επικουρος Καθηγητής ΠΤΔΕ Παν. Αιγαίου

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή στις 08 Φεβρουαρίου 2022

1. Φωκίδης Εμμανουήλ, Επικουρος Καθηγητής ΠΤΔΕ Παν. Αιγαίου	
2. Κατσαδώρος Γεώργιος, Αναπληρωτής Καθηγητής ΠΤΔΕ Παν. Αιγαίου	
3. Σοφός Αλιβίζος, Καθηγητής ΠΤΔΕ Παν. Αιγαίου	

ΡΟΔΟΣ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2022

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με το τέλος της παρούσας εργασίας μου θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου σε όλους όσους με στήριξαν σε αυτή την προσπάθεια.

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον επιβλέποντα καθηγητή μου Εμμανουήλ Φωκίδη, ο οποίος με υποστήριξε από την αρχή ως το τέλος αυτής της διαδικασίας ανελλιπώς με άμεση πάντα επικοινωνία και χρήσιμες συμβουλές. Η πολύτιμη βοήθειά του σε όλες τις φάσεις εκπόνησης της πτυχιακής μου, μου παρείχε κίνητρα και όρεξη για παραγωγική διερεύνηση και εργασία.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Κατσαδώρο Γιώργο, Καθηγητή του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Αιγαίου και τον κ. Σοφό Αλιβίζο, Καθηγητή του Πανεπιστημίου Αιγαίου και Πρόεδρο του Π.Μ.Σ οι οποίοι συνολικά συμμετείχαν με προθυμία ως εξεταστική επιτροπή σε αυτή την εργασία.

Η εργασία αυτή δε θα μπορούσε να εκπονηθεί χωρίς την πολύτιμη βοήθεια του Διευθυντή του Δημοτικού Σχολείου Γιώργο Γιώτη, ο οποίος μαζί με τους εκπαιδευτικούς των τάξεων με βοήθησε άμεσα σε ό,τι και αν χρειάστηκα. Όλες οι παρεμβάσεις πραγματοποιήθηκαν με προθυμία και σε ένα ευχάριστο κλίμα και ειλικρινά ευχαριστώ όλους γι' αυτό.

Τέλος, δε θα μπορούσα να παραλείψω την βοήθεια των πιο κοντινών μου ανθρώπων οι οποίοι σε καιρό καραντίνας με βοήθησαν ψυχολογικά σε όλες τις φάσεις διεξαγωγής του Μεταπτυχιακού. Ευχαριστώ θερμά τον σύντροφό μου Γιάννη που ήταν πάντα δίπλα μου καθώς και τους γονείς μου οι οποίοι συνεχώς με ενθάρρυναν έστω και από απόσταση.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Ευχαριστίες	σελ.4
Πίνακας Περιεχομένων	σελ.5-8
Κατάλογος Εικόνων	σελ.9-10
Κατάλογος Πινάκων	σελ.11
Κατάλογος Συντομογραφιών	σελ.12
Περίληψη.....	σελ.13
Abstract	σελ.14
Εισαγωγή.....	σελ.15-18

1.Ολογράμματα και η επιστήμη της ολογραφίας.....σελ.19

1.1 Η επιστήμη της ολογραφίας και των ολογραμμάτων.....	σελ.19
1.2 Η ιστορία των ολογραμμάτων.....	σελ.20-22
1.3 Πως λειτουργούν τα ολογράμματα;.....	σελ.23
1.4 Διαδικασία δημιουργίας ολογράμματος.....	σελ.24
1.5 Πως αποτυπώνονται οι εμπειρίες μετά την προβολή ολογραμμάτων;.....	σελ.24-25
1.5.1 Ολογραφική Μνήμη.....	σελ.25
1.6 Είδη ολογραμμάτων.....	σελ.25-26
1.6.1 Διαπερατά ολογράμματα (transmission holograms).....	σελ.26-27
1.6.1.1 Διαπερατά ολογράμματα λευκού φωτός.....	σελ.27
1.6.1.2 Διαπερατά ολογράμματα ουράνιου τόξου (rainbow transmission holograms).....	σελ.28
1.6.1.3 Ανάγλυφα ολογράμματα (Embossed holograms).....	σελ.28-29
1.6.2 Ανακλαστικά ολογράμματα (reflection holograms).....	σελ.29-30

1.6.2.1 Ολογράμματα Denisjuk.....σελ.31	σελ.31
1.6.3 Υβριδικά Ολογράμματα (Hybrid Holograms).....σελ.31	σελ.31
1.6.3.1 Ολοκληρωμένα ολογράμματα (Integral holograms).....σελ.32	σελ.32
1.6.3.2 Ολογραφική παρεμβολή (Holographic interferometry).....σελ.33-34	σελ.33-34
1.6.3.3 Ολογράμματα πολλαπλών καναλιών (multichannel hologram).....σελ.34	σελ.34
1.6.3.4 Ολογράμματα που παράγονται από υπολογιστές.....σελ.35-36	σελ.35-36
1.6.4 Λοιπές κατηγορίες ολογραμμάτων.....σελ.36	σελ.36
1.6.4.1 Ο τύπος των ειδικών γυαλιών (special glasses type).....σελ.36-37	σελ.36-37
1.6.4.2 Ολογράμματα παλμικού λέιζερ (pulse laser hologram).....σελ.37-38	σελ.37-38
1.6.4.3 Ολογραφικά στερεογράμματα (holographicstereogramms).....σελ.38	σελ.38
1.6.4.4 360° Ολογράμματα.....σελ.39	σελ.39
1.6.4.5 Ογκομετρικά ολογράμματα.....σελ.39	σελ.39
1.7 Ολογραφικές συσκευές.....σελ.40	σελ.40
1.7.1 Ολογράμματα – Πυραμίδες.....σελ.40	σελ.40
1.7.2 Συσκευή ολογραφικής φωτογραφίας :Looking Glass Portrait.....σελ.41	σελ.41
1.7.3 Συσκευή ολογραμμάτων Τηλεπαρουσίας.....σελ.42	σελ.42
1.7.4 Απτικά Ολογράμματα INform.....σελ.43	σελ.43
1.7.5 Ολογραφική τηλεόραση.....σελ.44	σελ.44
1.7.6 Συσκευή ογκομετρικού και κιναισθητικού ολογράμματος Voxon.....σελ.45	σελ.45
1.7.7 Ολογράμματα ανεμιστήρες (Fan type hologramms).....σελ.46	σελ.46
1.7.7.1 Περιγραφή συσκευής Hologram Led Fan.....σελ.47-49	σελ.47-49

2. Η τεχνολογία ολογραμμμάτων στην εκπαίδευση.....σελ.49

- 2.1 Εισαγωγή.....σελ.49-51
- 2.2 Τεχνολογία ολογραμμμάτων στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση.....σελ.52-54
- 2.3 Τεχνολογία Ολογραμμμάτων στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση.....σελ.55-56
- 2.4 Τεχνολογία ολογραμμμάτων στην Τριτοβάθμια Εκπαίδευση.....σελ.57
 - 2.4.1 Τεχνολογία ολογραμμμάτων στον Ιατρικό τομέα.....σελ.58-59
 - 2.4.2 Τεχνολογία ολογραμμμάτων στον Τομέα Μηχανικής.....σελ.59
 - 2.4.3 Τεχνολογία ολογραμμμάτων στον Τομέα Φυσικής/Μαθηματικών.....σελ.60
 - 2.4.4 Τεχνολογία ολογραμμμάτων στον Τομέα της Αρχαιολογίας.....σελ.60-62
 - 2.4.5 Τεχνολογία ολογραμμμάτων στον Τομέα εμπορίας και διαφήμισης.....σελ.62
 - 2.4.6 Τεχνολογία ολογραμμμάτων στην Εξ' αποστάσεως εκπαίδευση.....σελ.62-63
- 2.6 Τεχνολογία ολογραμμμάτων στην Ειδική αγωγή.....σελ.63-64
- 2.7 Η χρήση των ολογραμμμάτων σε διάφορους επιστημονικούς κλάδους.....σελ.64-68

3. Μεθοδολογία και σχεδιασμός της έρευνας.....σελ.69

- 3.1 Εισαγωγή- Ερευνητική Μέθοδος.....σελ.69-70
- 3.2 Ερευνητικά ερωτήματα.....σελ.70-71
- 3.3 Δείγμα.....σελ.71
- 3.4 Διάρκεια.....σελ.72
- 3.5 Υλικόσελ.72
 - 3.5.1 Εισαγωγήσελ.72-74
 - 3.5.2 Υλικό παρέμβασης ομάδας ελέγχου.....σελ.75

3.6 Διαδικασία δημιουργίας 3D κινουμένων βίντεο.....σελ.75-78	
3.7 Διαδικασία προβολής.....σελ.79-80	
3.8 Ερευνητική Διαδικασία.....σελ.80-84	
3.9 Ερευνητικά Εργαλεία.....σελ.85	
3.9.1 Φύλλα αξιολόγησης.....σελ.85-87	
3.9.2 Ερωτηματολόγιο.....σελ.87	
4. Αποτελέσματα.....σελ.88-93	
5. Συζήτηση.....σελ.94-98	
5.1 Συμβολή της έρευνας.....σελ.99-100	
5.2 Περιορισμοί της έρευνας και προτάσεις για μελλοντική έρευνας.....σελ.101-102	
6. Συμπεράσματα.....σελ.103	
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....σελ.104-113	
Παράρτημα Ι. Φύλλα αξιολόγησης.....σελ.114-122	
Παράρτημα ΙΙ. Ερωτηματολόγιο.....σελ.123-125	
Παράρτημα ΙΙΙ. Στατιστική Ανάλυση.....σελ.126-194	

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1. Αναπαράσταση ολογραφικού αποτελέσματος “Ghost Pepper Effect”.

Εικόνα 1.2. Αναπαράσταση ολογραφικού αποτελέσματος “Ghost Pepper’s Effect”.

Εικόνα 1.3 Τρόπος λειτουργίας ολογράματος

Εικόνα 1.4. Al Razutis, Pose, 2007, Διαπερατό ολόγραμμα μοντέλου.

Εικόνα 1.5. Διαπερατό ολόγραμμα λευκού φωτός.

Εικόνα 1.6. Ανάγλυφο ολόγραμμα.

Εικόνα 1.7. Τρόπος λειτουργίας ολογράματος ανάκλασης .

Εικόνα 1.8. Ανακλαστικό ολόγραμμα.

Εικόνα 1.9. Ο Yuri Denisjuk με το ολόγραμμά του.

Εικόνα 1.10. Ολοκληρωμένο ολόγραμμα με τίτλο «Huddle».

Εικόνα 1.11. Ολογραφική παρεμβολή.

Εικόνα 1.12. Τρόπος λειτουργίας ολογραφικής παρεμβολής.

Εικόνα 1.13. Ολόγραμμα πολλαπλών καναλιών.

Εικόνα 1.14. Επεξεργασία σχεδίου σε πρόγραμμα υπολογιστή που δημιουργεί ολογράμματα.

Εικόνα 1.15. Καταγραφή σχεδίου σε ολογραφικό φιλμ.

Εικόνα 1.16. Αναδημιουργία με φως λείζερ.

Εικόνα 1.17. Ειδικά γυαλιά αναπαράστασης ολογράματος.

Εικόνα 1.18. Αναπαράσταση ολογράματος με Microsoft Hololens.

Εικόνα 1.19. Ολόγραμμα παλμικού λείζερ.

Εικόνα 1.20. Ολογραφικό στερεόγραμμα.

Εικόνα 1.21. Παρουσίαση εμβρύου ως ογκομετρικό ολόγραμμα.

Εικόνα 1.22. Συσκευή ολογράματος-πυραμίδα.

Εικόνα 1.23. Συσκευή ολογραφικής φωτογραφίας.

Εικόνα 1.24. Αναπαράσταση συνέντευξης με ολόγραμμα μέσω τηλεπαρουσίας.

Εικόνα 1.25. Απτικά ολογράμματα με τη συσκευή iNform.

Εικόνα 1.26. Gaming σε 3D ολογραφική τηλεόραση.

Εικόνα 1.27. Αλληλεπίδραση ανθρώπου με ολόγραμμα σε ολογραφική συσκευή της Voxon.

Εικόνα 1.28. Ολογραφικοί ανεμιστήρες εκτός λειτουργίας.

Εικόνα 1.29. Ολογραφικοί ανεμιστήρες εντός λειτουργίας, αναπαράσταση ολογράμματος.

Εικόνα 1.30. Βασικά Χαρακτηριστικά της συσκευής Hologram Led Fan.

Εικόνα 1.31. Υλικά Συναρμολόγησης Συσκευής.

Εικόνα 2.1. Ο χρήστης επιζητά περισσότερες πληροφορίες για το άγαλμα.

Εικόνα 2.2. Ο χρήστης χρησιμοποιεί κινήσεις με τα χέρια του στον αέρα για να περιστρέψει το ολογραφικό αντικείμενο.

Εικόνα 2.3. Παράδειγμα ολογράμματος που αλληλεπιδρά με τους επισκέπτες

Εικόνα 2.4. Διαδικασία περιστροφής ολογραφικού αντικειμένου.

Εικόνα 2.5. Τεχνούργημα πολιτισμικής κληρονομιάς: Στην αριστερή μεριά προβάλλεται το αυθεντικό αντικείμενο, στη μέση το 3D μοντέλο του αντικειμένου και δεξιά η ολογραφική προβολή του.

Εικόνα 2.6. Το ολόγραμμα της σαρκοφάγου σε ολόγραμμα πυραμίδας.

Εικόνα 3.1 Αλλαγή φόντου στο πρόγραμμα Adobe Premiere 2021 με τη χρήση Color Key Effect.

Εικόνα 3.2 Αλλαγή φόντου καρέ-καρέ με χρήση color key effect.

Εικόνα 3.3 Επιλογή περιγράμματος αντικειμένου.

Εικόνα 3.4 Αλλαγή μεγέθους εικόνας στο πρόγραμμα Active Presenter.

Εικόνα 3.5 Επεξεργασία και προσθήκη κειμένου και συμβόλων στο πρόγραμμα Active Presenter.

Εικόνα 3.6 Διαδικασία σύνδεσης εφαρμογής 3d Led Fan με κινητό.

Εικόνα 3.7 Φάκελοι αποθήκευσης βίντεο στην εφαρμογή κινητού «3D Led Fan».

Εικόνα 3.8 Προβολή ολογραμμάτων στην τάξη μέσω συσκευής HLF.

Εικόνα 3.9 Προβολή ολογραμμάτων στην τάξη μέσω συσκευής HLF.

Εικόνα 3.10 Προβολή ολογραμμάτων στην τάξη μέσω συσκευής HLF.

Εικόνα 3.11. Προβολή αντικειμένων στην τάξη Πληροφορικής μέσω υπολογιστών.

Εικόνα 3.12. Προβολή αντικειμένων στην τάξη Πληροφορικής μέσω υπολογιστών.

Εικόνα 3.13. Ερωτήσεις φύλλου αξιολόγησης ύστερα από παρέμβαση.

Εικόνα 3.14. Ερωτήσεις διάκρισης σε φύλλο αξιολόγησης.

Εικόνα 3.15. Εικόνα από ερωτηματολόγιο-σταθμισμένο εργαλείο.

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Παρουσίαση των ενοτήτων των παρεμβάσεων, της διάρκειας και του υλικού παρέμβασης

Πίνακας 2. Περιγραφικά στοιχεία για τις μεταβλητές της μελέτης

Πίνακας 3. Αποτελέσματα ελέγχου κανονικότητας της κατανομής

Πίνακας 4. Αποτελέσματα ελέγχου ομοιογένειας της κατανομής

Πίνακας 5. Αποτελέσματα Mann-Whitney U test

Κατάλογος Συντομογραφιών

HLF	Holographic Led Fan
360° 3DVM	360° 3 Dimension Video Models
3D	3 Dimension
2D	2 Dimension
3DH	3 Dimension Holography
H/Y	Ηλεκτρονικός Υπολογιστής
TO	Τεχνολογία Ολογραμμάτων
CGH	Computer Generated Holograms
EY1	Ερευνητική Υπόθεση 1
EY2	Ερευνητική Υπόθεση 2

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διδασκαλία μέσω της χρήσης ολογραμμάτων αποτελεί μια ανερχόμενη και καινοτόμα πρακτική καθώς έχει αποδειχθεί αποτελεσματική στις έρευνες που έχουν διεξαχθεί ως τώρα σε μαθητές δημοτικού αλλά και άλλες βαθμίδες εκπαίδευσης. Η τεχνολογία ολογραμμάτων αποτελεί μία από τις πιο εξελιγμένες τεχνολογίες που υπάρχουν πλέον διαθέσιμες και η εφαρμογή της στα σχολεία μπορεί αποτελεσματικά να αυξήσει τις μαθησιακές ικανότητες των μαθητών ενώ την ίδια στιγμή να μεγιστοποιήσει τα κίνητρά τους για μάθηση. Ωστόσο, δεν έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες σχετικές με την τεχνολογία ολογραμμάτων και την εκπαίδευση και πιο συγκεκριμένα σχετικές με την πρωτοβάθμια εκπαίδευση, ώστε να προκύψουν ασφαλή συμπεράσματα. Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να διερευνήσει κατά πόσο η συσκευή παραγωγής ολογραμμάτων 3D Holographic Led Fan μπορεί να βοηθήσει στις επιδόσεις των μαθητών δημοτικού πάνω σε θέματα που σχετίζονται με τεχνουργήματα του Αρχαίου Ελληνικού πολιτισμού όπως αρχαία αγγεία, αγάλματα και μνημεία συγκριτικά με αντίστοιχα του Αρχαίου Αιγυπτιακού πολιτισμού. Ταυτόχρονα προσπαθήσαμε να διερευνήσουμε κατά πόσο μια τέτοια εφαρμογή θα ήταν πιο ευχάριστη και διασκεδαστική σε σύγκριση με κάποιο συμβατικό μέσο όπως ο Η/Υ. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε μεταξύ υποκειμένων (between subjects) και το δείγμα αποτέλεσαν μαθητές της Ε' και ΣΤ' Δημοτικού. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι τα μαθησιακά αποτελέσματα ήταν μεγαλύτερα με τη χρήση της συσκευής ολογραμμάτων παρά με τη χρήση του Η/Υ ενώ παράλληλα υπήρξε αυξημένο ενδιαφέρον και διασκέδαση σε ότι αφορά τη χρήση της συσκευής συγκριτικά με τον Η/Υ. Παρόλο αυτά, οι περαιτέρω μελέτες σχετικά με την συμβολή των ολογραμμάτων στην εκπαίδευση κρίνονται απαραίτητες εξαιτίας του περιορισμένου αριθμού ερευνών.

Λέξεις κλειδιά: Ολογράμματα, 3D τεχνολογία, πρωτοβάθμια εκπαίδευση, ολογραφία, αρχαίος Ελληνικός πολιτισμός, αρχαίος Αιγυπτιακός πολιτισμός

Abstract

Teaching via holograms consists an ascending and innovative practice as its efficacy has been proven in researches that have been conducted till now concluding primary students but also in other levels of education. Holographic technology is one of the most advanced technologies that is already existed and its application in schools can effectively increase learning outcomes and students' motivation as well. However, not enough studies have been conducted that are correlated with holographic technology and education and especially with primary education in order to emerge safe conclusions. The purpose of this study was to investigate whether the hologram generator device "3D Holographic Led Fan" can help primary students to increase their understanding in ancient Greek and ancient Egyptian artifacts such as ancient vessels, statues and monuments of both civilisations. At the same time we tried to investigate whether such an application would be more enjoyable and fun compared to a conventional medium such as a computer. The study conducted between subjects and the sample consisted by fifth and sixth grade primary students. The results of the research showed that the learning outcomes were greater with the use of the hologram device rather than with the use of the computer while at the same time there was increased interest and fun in terms of the device compared to the computer. However, further studies on the contribution of holograms to education are considered necessary due to the limited number researches.

Keys: Holograms, 3D technology, primary education, holography, ancient Greek civilization, ancient Egyptian civilisation

Εισαγωγή

Η εφαρμογή της εκπαιδευτικής τεχνολογίας έχει επιφέρει θετικές αλλαγές στις μεθόδους διδασκαλίας που ήδη υπάρχουν. Βοηθά τους μαθητές τόσο να μάθουν όσο και να μπορέσουν να αναπτύξουν τις δυνατότητές τους, τη δημιουργικότητά τους αλλά και την επίδοσή τους (Hoon et al., 2019). Η επιστήμη της εκπαίδευσης πρέπει να αποσκοπεί στην ανάπτυξη της γνώσης, των δεξιοτήτων, των αξιών και των στάσεων όλων των μαθητών. Όλα αυτά με τη σειρά τους, θα βοηθήσουν τον μαθητές μελλοντικά να αναπτύξουν μια συγκεκριμένη προσωπική στάση απέναντι σε επιστημονικά θέματα ενώ ταυτόχρονα θα είναι σε θέση να επιλύσουν άλλα θέματα που προκύπτουν στην κοινωνία την οποία ζουν (Chang & Lai, 2018). Ο πιο σημαντικός σκοπός είναι οι μαθητές να εξασκήσουν τη φυσική τους περιέργεια, να εξερευνήσουν και να κατανοήσουν στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό το φυσικό κόσμο στον οποίο βρίσκονται (Ortega et al., 2020). Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η αποτελεσματική μάθηση.

Στόχος της αποτελεσματικής μάθησης είναι οι μαθητές όχι να αποκτούν γνώση αλλά σταδιακά να την κατασκευάζουν, όπως υποστηρίζει και η θεωρία του κονστрукτιβισμού (Guney, 2012). Η επίδραση των κινήτρων είναι εκείνη που παρακινεί τους μαθητές να συγκεντρωθούν και να διατηρήσουν τη προσοχή τους κατά τη μαθησιακή διαδικασία (Gilakjani, 2012). Καθώς τα παιδιά, ειδικά στις μικρές ηλικίες που φοιτούν στη πρωτοβάθμια εκπαίδευση, είναι εύκολο να χάσουν τα κίνητρά τους και συνεπώς την προσοχή τους από τα μεγάλης διάρκειας μαθήματα, η χρήση της τεχνολογίας μπορεί να αποδειχθεί σημαντική λύση σε αυτό το πρόβλημα. Ο λόγος είναι ότι μέσα από τη χρήση τεχνολογικών μέσων συχνά τα παιδιά αισθάνονται ότι διασκεδάζουν (Hoon et al., 2019).

Καθώς τα παιδιά που φοιτούν στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση είναι πιο πιθανό να εμπλακούν σε διαδικασίες μάθησης που τους προσφέρουν διασκέδαση, η χρήση 3D τεχνολογίας είναι ιδιαίτερα σημαντική (Tomi & Rambli, 2013). Βασικός λόγος είναι ότι οι συσκευές 3D έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν ρεαλιστικές απεικονίσεις κεντρίζοντας το ενδιαφέρον των παιδιών και κατ' επέκταση δημιουργώντας ένα ευχάριστο εκπαιδευτικό περιβάλλον. Ένας άλλος λόγος είναι ότι η χρήση 3D τεχνολογίας μπορεί να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να προωθήσουν την κατανόηση ενός μαθησιακού αντικειμένου (Scanlan, 2012).

Η τεχνολογία των ολογραμμάτων στην εκπαίδευση, ως μέρος των νέων τεχνολογιών, έρχεται στο προσκήνιο λόγω της ευχρηστίας τους και της θετικής στάσης των μαθητών απέναντί τους (Sulto & Prihatmoko, 2020). Το αυξημένο ενδιαφέρον των μαθητών είναι αναγκαίο προκειμένου να εμπλακούν στη μάθηση και μέσω των ήδη υπαρχόντων ενδιαφερόντων να αναδυθούν νέα ενδιαφέροντα τα οποία θα εξελίξουν την κατανόηση και τη γνώση τους για τον κόσμο.

Οι μαθητές, παρακολουθώντας ένα ολόγραμμα μπορούν να φανταστούν τις πραγματικές διαστάσεις του αντικειμένου καθώς επίσης μπορούν να φανταστούν τους πιθανούς ήχους που παράγει το αντικείμενο αυτό ή ακόμα να φανταστούν λεπτομέρειες σχετικά με την αφή του. Έτσι, οι μαθητές βιώνουν μια πολυαισθητηριακή εμπειρία μέσω της οποίας μπορούν να αποτυπώσουν σημαντικές και απλουστευμένες πληροφορίες. Για το λόγο αυτό, τα ολογράμματα μπορούν να συμβάλουν στην κατανόηση δύσκολων εννοιών με δύσκολο περιεχόμενο με το να μετατρέπουν τις πληροφορίες από δύσκολες σε πιο απλές. Εφόσον οι πληροφορίες γίνονται κατανοητές και οι εμπειρία είναι αισθητηριακή, τα ολογράμματα έχουν τη δυνατότητα να προσελκύσουν τη προσοχή των μαθητών (Ahmed, 2014).

Παρόλο αυτά, προηγούμενες μελέτες δείχνουν ότι τα διδακτικά εργαλεία στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται με έναν πολύ παραδοσιακό τρόπο. Σύμφωνα με τους Hsiao και Chang (2015), οι εκπαιδευτικοί διδάσκουν ένα μαθησιακό θέμα μέσω μονόδρομης επικοινωνίας, ενώ ο Junqueira (2016) διαπίστωσε ότι τα παιδιά προσχολικής ηλικίας μαθαίνουν ακόμα χρησιμοποιώντας μόνο φωτογραφίες και γραφικά 2D. Στη σύγχρονη εποχή, με την πρόοδο της τεχνολογίας, τα παιδιά έχουν διατυπώσει την άποψη ότι η μάθηση με παραδοσιακούς τρόπους είναι βαρετή. Αυτό οφείλεται στην έλλειψη ευχάριστων διδακτικών εργαλείων που τους παρέχονται στο σχολείο τους. Παρόμοια ευρήματα έχουν βρεθεί και από τους Fuadi και Listyorini (2018) καθώς μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης έκριναν τα εργαλεία δύο διαστάσεων (2D) λιγότερο ελκυστικά και αποτελεσματικά σε ότι αφορά τη διδασκαλία του ηλιακού συστήματος. Αυτό συνέβη επειδή οι μαθητές διδάσκονται έννοιες μόνο μέσω ενός σχεδίου με δισδιάστατη κίνηση στο βίντεο. Έτσι, τα παιδιά αφενός δεν έχουν ενδιαφέρον να μάθουν, αφετέρου είναι δύσκολο να κατανοηθούν οι έννοιες και να μελετήσουν το ηλιακό σύστημα.

Τα παραπάνω δεδομένα και οι αντίστοιχοι προβληματισμοί, έδωσαν το έναυσμα για τη διεξαγωγή της παρούσας έρευνας. Συσκευές που λειτουργούν με τεχνολογία ολογραμμάτων μπορούν να φανούν ιδιαίτερα χρήσιμες κατά την ένταξή τους στη μαθησιακή διαδικασία και

μπορούν πιθανώς να επιλύσουν κάποια από τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι μαθητές ως προς την κατανόηση αλλά και ως προς την προσοχή και συνεπώς τα κίνητρά τους. Δεδομένου ότι συσκευές που υποστηρίζουν 3DH τεχνολογία έχουν χρησιμοποιηθεί ελάχιστα στην εκπαιδευτική διαδικασία και ειδικά στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, η παρούσα έρευνα θα εμπλουτίσει τα επιστημονικά ευρήματα. Άλλωστε οι ήδη λίγες υπάρχουσες έρευνες που αναφέρονται στην εκπαίδευση παιδιών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης μέσω τεχνολογίας ολογραμμάτων, έχουν επιφέρει θετικά αποτελέσματα τόσο στη μάθηση όσο και στα κίνητρα των παιδιών (Ortega et al., 2020; Hoon et al., 2019; Faudi & Listyorini, 2018).

Σκοπός της έρευνας ήταν να διερευνηθεί το κατά πόσο η συσκευή Holographic Led Fan (HLF) δημιούργησε ευχάριστα συναισθήματα και θετικές στάσεις στους μαθητές ενώ παράλληλα επιχειρήσαμε να διερευνήσουμε κατά πόσο οι μαθητές ανταποκρίνονται καλύτερα όταν τα αντικείμενα μάθησης παρουσιάζονται μέσω της συσκευής HLF σε σύγκριση με τους Η/Υ. Τα αντικείμενα μάθησης σχετίζονται με θεματικές του Αρχαίου Ελληνικού και Αρχαίου Αιγυπτιακού Πολιτισμού. Θεωρήσαμε σκόπιμο να επιλέξουμε αυτή τη θεματική για το λόγο ότι τα μνημεία, τα αγγεία και τα αγάλματα των αρχαίων πολιτισμών εμπεριέχουν πολλές σημαντικές οπτικές πληροφορίες οι οποίες προσδίδουν μεγαλύτερη κατανόηση αν παρουσιαστούν μέσω 3D τεχνολογίας και ειδικά μέσω της τεχνολογίας των ολογραμμάτων.

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί μια τέτοια έρευνα, έπρεπε πρώτα να μελετηθεί σημαντικό μέρος της υπάρχουσας βιβλιογραφίας σχετικά με την τεχνολογία των ολογραμμάτων και τα οφέλη της τόσο στην εκπαίδευση όσο και σε άλλους επιστημονικούς κλάδους, προκειμένου να υπάρχει μια πιο σαφής εικόνα ως προς την εφαρμογή τους και τους εναλλακτικούς τρόπους χρήσης τους ανά επιστημονικό πεδίο. Έτσι, το ένα μέρος της βιβλιογραφικής επισκόπησης παρουσιάζει πληροφορίες σχετικά με την τεχνολογία των ολογραμμάτων και το άλλο μέρος παρουσιάζει πληροφορίες σχετικά με την εφαρμογή τους σε διάφορους επιστημονικούς κλάδους και κυρίως στην εκπαίδευση.

Συγκεκριμένα, στο Κεφάλαιο 1 μελετήθηκε βιβλιογραφία σχετικά με τη λειτουργία των ολογραμμάτων και την επιστήμη της ολογραφίας. Παράλληλα, μελετήθηκε η ιστορία των ολογραμμάτων μέχρι την σύγχρονες τεχνολογίες ολογραμμάτων που υπάρχουν. Παρουσιάζονται επίσης τα διαφορετικά ήδη των ολογραμμάτων καθώς και τα διαφορετικά ήδη συσκευών που υπάρχουν στην αγορά. Σε αυτό το σημείο γίνεται και η παρουσίαση της συσκευής Holographic Led Fan, η οποία επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί στην παρούσα έρευνα.

Το Κεφάλαιο 2 χωρίζεται σε δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος μελετήθηκε η βιβλιογραφία σχετικά με τις εκπαιδευτικές εφαρμογές των ολογραμμμάτων σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται σε ξεχωριστά υποκεφάλαια οι έρευνες που έχουν βρεθεί για κάθε βαθμίδα εκπαίδευσης ενώ παρουσιάζονται και ορισμένα αποτελέσματα ερευνών που έχουν βρεθεί σχετικά με την ειδική αγωγή. Στο δεύτερο μέρος παρουσιάζονται οι εφαρμογές των ολογραμμμάτων σε άλλους επιστημονικούς κλάδους.

Το Κεφάλαιο 3, είναι το Κεφάλαιο της μεθοδολογίας της έρευνας. Σε αυτό παρουσιάζονται η ερευνητική μέθοδος, οι Ερευνητικές Υποθέσεις που τέθηκαν, το δείγμα της έρευνας, η διάρκεια της, τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν, η διαδικασία που ακολουθήθηκε, καθώς και τα ερευνητικά εργαλεία.

Στο Κεφάλαιο 4 πραγματοποιήθηκε η ανάλυση των δεδομένων ώστε να εξαχθούν τα αποτελέσματα της έρευνας.

Στο Κεφάλαιο 5, πραγματοποιήθηκε η συζήτηση σχετικά με τα αποτελέσματα της έρευνας. Επίσης γίνεται λόγος για τη συμβολή αυτής της έρευνας, ενώ αναφέρονται οι περιορισμοί που υπήρχαν καθώς και προτάσεις για μελλοντική σχετική έρευνα.

Η εργασία κλείνει στο Κεφάλαιο 6, όπου βρίσκονται τα συμπεράσματα της έρευνας.

Κεφάλαιο 1.

Ολογράμματα και η επιστήμη της ολογραφίας

1.1 Η επιστήμη της ολογραφίας και των ολογραμμάτων

Η ολογραφία αποτελεί έναν όρο ο οποίος προέρχεται από την Ελληνική Γλώσσα, όπου το πρώτο μέρος της λέξης «holo» προκύπτει από τη λέξη «όλος», ενώ το δεύτερο μέρος της λέξης «graphy» προκύπτει από τη λέξη «γράφω» όπου εννοείται η ελληνική λέξη καταγραφή (Ramachandiran et al., 2019). Επομένως, η λέξη «ολογραφία» χαρακτηρίζει την ολική καταγραφή ενός αντικειμένου. Μέσω της ολογραφίας μπορούν να καταγραφούν όλες οι πληροφορίες σχετικά με ένα αντικείμενο με τη μορφή όμως μιας εικόνας. Η διαδικασία αυτή είναι παρόμοια με την ηχογράφηση μουσικής όταν για παράδειγμα δημιουργείται μουσική μέσω μουσικών αντικειμένων ή φωνητικών χορδών. Η μουσική που παράγεται είναι εγγεγραμμένη και καταγεγραμμένη σε κατάλληλες συσκευές ώστε τα τραγούδια να μπορούν να αναπαραχθούν σε μεταγενέστερο χρόνο χωρίς να είναι απαραίτητη η παρουσία αυθεντικού οργάνου που αναπαρήγαγε πρώτα αυτή τη μουσική (Hariharan, 2002). Έτσι, μέσω της ολογραφίας, ο χρήστης είναι εφικτό να λάβει όλες τις πληροφορίες ενός αντικειμένου μέσω μιας εικόνας, το ολόγραμμα.

Σύμφωνα με τους Barkhaya και Halim (2016), το ολόγραμμα λειτουργεί ως ένα εργαλείο οπτικοποίησης το οποίο παράλληλα αποτελεί μία εικόνα τριών διαστάσεων και παράγεται μέσω ολογραφικής προβολής. Παρόλο που τα ολογράμματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε να καταγράψουν πολύ εντυπωσιακές και λεπτομερείς εικόνες, δεν είναι ευρέως γνωστά πέρα από την κοινότητα που σχετίζεται με την επιστήμη της οπτικής (Instrate & Miller, 2009). Παρόλο αυτά, ως τεχνολογικά εργαλεία θεωρούνται τα πιο ισχυρά στη σύγχρονη εποχή ώστε να μπορούν να μας επιτρέψουν να προσλάβουμε μια εικονική αναπαράσταση τριών διαστάσεων με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια. Όπως εξηγούν οι Liu et al. (2013), μέσω της επίδρασης της επαυξημένης πραγματικότητας είναι εφικτό να δημιουργηθεί μια ολογραφική εικόνα η οποία δείχνει να ίπταται στον αέρα.

1.2 Η ιστορία των ολογραμμάτων

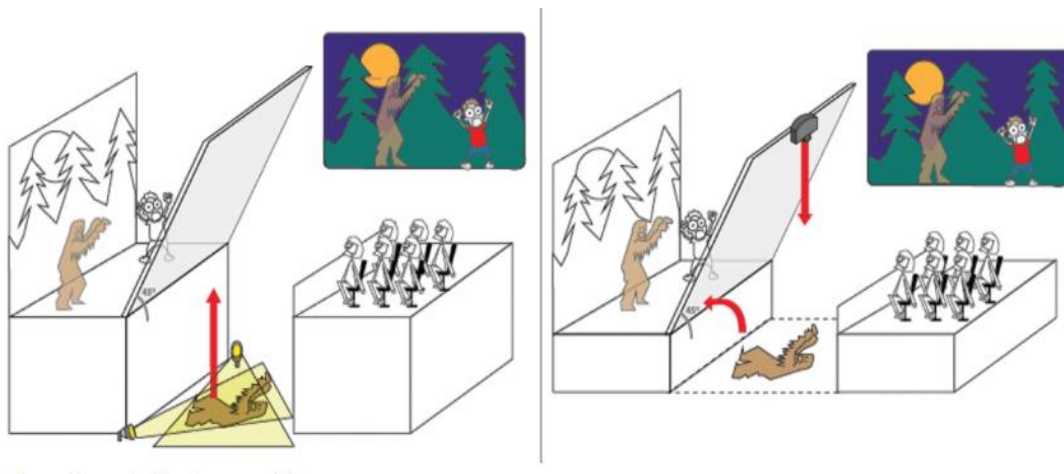
Η ιδέα σχετικά με την ψευδή αίσθηση των φαντασμάτων δημιουργήθηκε από τον επιστήμονα Pepper. Γι' αυτό το λόγο η τεχνική αυτή ονομάστηκε και ως «Pepper's Ghost», δηλαδή το «φάντασμα του Pepper». Από το 1863, ο J. Pepper και ο H. Dircks ανέπτυξαν το "Peppers Ghost Effect", προβάλλοντας ένα έργο γνωστό ως «The Haunted Man» του Charles Dickens. Το έργο αυτό περιλαμβάνει μια σκηνή η οποία είναι ειδικά διαρρυθμισμένη σε δύο δωμάτια. Στο ένα δωμάτιο οι θεατές μπορούν να δουν τη σκηνή στο σύνολό της ενώ το δεύτερο δωμάτιο είναι κρυμμένο από κάτω, το επονομαζόμενο «μπλε δωμάτιο» (Εικόνα 1.1).

Το πλαστικό φύλλο που φαίνεται στην Εικόνα 1.1 και 1.2 είναι ένας πολυμερικός καθρέφτης με συγκεκριμένη σύνθεση, πάχος και προσανατολισμό με τρόπο που να μεγιστοποιεί το ολογραφικό αποτέλεσμα. Αυτό το φιλμ είναι υπό γωνία έτσι ώστε οποιοδήποτε πραγματικό αντικείμενο ανακλάται, μπορεί ουσιαστικά να παραμείνει κρυμμένο από το κοινό σε ένα μυστικό δωμάτιο. Στο κρυφό δωμάτιο τοποθετούνται οι ηθοποιοί, τα πραγματικά δηλαδή «φαντάσματα». Όταν έρθει η στιγμή οι ηθοποιοί «φαντάσματα» να εμφανιστούν μπροστά στο κοινό, οι κρυμμένες φιγούρες τους φωτίζονται και η αντανάκλασή τους εμφανίζεται στο γυαλί. Οι φιγούρες στο κρυφό δωμάτιο με τους καθρέφτες είναι διατεταγμένες έτσι ώστε η αντανάκλασή τους να αντιστοιχεί στο σημείο όπου πρέπει να εμφανίζονται στη σκηνή (Luevano & Quintero, 2019).



Εικόνα 1.1. Αναπαράσταση ολογραφικού αποτελέσματος “Ghost Pepper

Effect”(www.magic-holo.com)



Εικόνα 1.2. Αναπαράσταση ολογραφικού αποτελέσματος “Ghost Pepper’s Effect”
(www.showtext.com)

Ό,τι δημιούργησε ο Pepper δεν ήταν τίποτε άλλο παρά μια τεχνική ψευδαίσθησης χρησιμοποιώντας τη θεωρία του αντικατοπτρισμού. Παρόλο αυτά, στην πιο σύγχρονη εποχή άνοιξε ένα νέο μονοπάτι το οποίο οδηγεί σε ό, τι σχετίζεται με την εικονική πραγματικότητα. Έμμεσα η τεχνική αυτή αποτελεί ένα μέρος της εικονικής πραγματικότητας η οποία θα συντελέσει την τάση μιας ολόκληρης εποχής και θα αλλάξει εξολοκλήρου την οπτική του πραγματικού κόσμου (Graham, 2004).

Στη σύγχρονη εποχή, η τεχνολογία των ολογραμμάτων αρχίζει να απασχολεί όλο και περισσότερο τον επιστημονικό χώρο παρόλο που η ίδια η λέξη «ολογράμματα» δεν αποτελεί νέο όρο. Όπως προαναφέρθηκε, η λέξη ολόγραμμα προκύπτει από τις ελληνικές λέξεις «όλος» και «γράμμα», όπου η τελευταία λανθασμένα αρχικά μεταφράστηκε από μερικούς λεξικολόγους ως «μήνυμα» και ερμηνεύτηκε ως «ένα σημαντικό γράμμα το οποίο είναι γραμμένο στο χέρι και έχει υπογραφεί από το ίδιο το άτομο» (Harper, 2010). Το 1947 ο Denis Gabor άλλαξε δραστικά την επικρατούσα αντίληψη πίσω από αυτή τη λέξη. Σημαντική ήταν η συμβολή του μέσω της εμπλοκής του στην ηλεκτρονική μικροσκοπία, την οποία και αναβάθμισε. Το διάστημα που εργαζόταν ο Gabor στην ηλεκτρονική μικροσκοπία, συνέλαβε τις αρχές της ολογραφίας.

Η απουσία της τεχνολογίας λέιζερ στα πρώτα στάδια της ολογραφίας έπαιξε σημαντικό ρόλο ώστε ο Gabor να περιοριστεί στην μοναδική διαθέσιμη πηγή μονοχρωματικού φωτός, η οποία δεν είναι άλλη από μία λάμπα. Συγκριτικά με το λέιζερ, η λάμπα παράγει λιγότερο φως. Για το λόγο αυτό, τα ολογράμματα που δημιουργήθηκαν εκείνη την εποχή, δεν είχαν ικανοποιητικά

αποτελέσματα (Harper, 2010). Λόγω της έλλειψης της απαιτούμενης τεχνολογίας για την παραγωγή ενός ολοκληρωμένου ολογράμματος, η ανακάλυψη της τεχνολογίας των ολογραμμάτων (ολογραφία) δεν είχε μεγάλη αξία. Εξαιτίας του γεγονότος αυτού, στα πρώτα στάδια ανάπτυξης της ολογραφίας πραγματοποιήθηκαν ελάχιστες έρευνες. Όμως, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας λέιζερ ξεκίνησε μια σημαντική και δραστική ανάπτυξη της ολογραφίας (Eichler & Achermann, 2007).

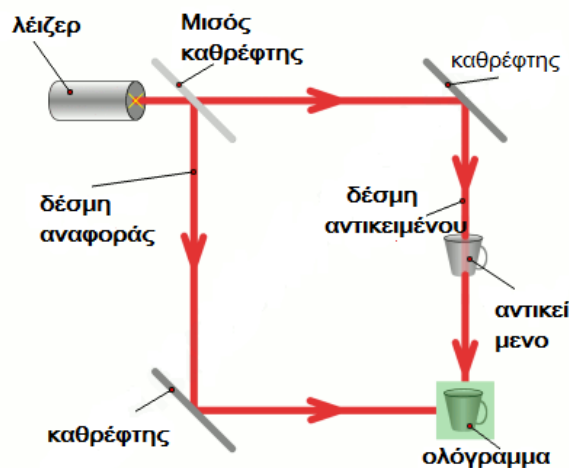
Τη σύγχρονη εποχή, η ολογραφία έχει εξελιχθεί πέρα από το μοντέλο του Denis Gabor. Τα project που βασίζονται στη τεχνολογία ολογραμμάτων αυτή τη στιγμή, πλησιάζουν όλο και περισσότερο στη πραγματικότητα εξαιτίας των διαθέσιμων τεχνολογιών που χρειάζονται. Εκτός των άλλων, η έρευνα πάνω στην ολογραφία εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς και νέες τεχνολογίες έχουν προκύψει μέσα από αυτή. Για παράδειγμα, νέες τεχνολογίες οι οποίες είναι αναδυόμενες και σχετίζονται με την ολογραφία περιλαμβάνουν τη Holodeck και την Haptic Holography. Η Haptic holography παρέχει δυνατότητες αισθήσεων και αφής στους χρήστες. Οι χρήστες δηλαδή, όταν προσεγγίζουν ένα τέτοιο ολόγραμμα έχουν τη δυνατότητα άμεσης διάδρασης. Έχουν δημιουργηθεί ήδη ολογράμματα που μπορεί κανείς να ακουμπήσει στο εργαστήριο Shinoda στο Πανεπιστήμιο του Τόκιο. Η αίσθηση της αφής ενός ολογράμματος έγινε δυνατή μέσω του συνδυασμού της χρήσης συμπυκνωμένης έκκρισης των υπερήχων και του ίδιου του ολογράμματος (Saenz, 2009). Από την άλλη, εντός του εικονικού περιβάλλοντος του Holodeck, τα οπτικοποιημένα αντικείμενα είναι ουσιαστικά προγραμματισμένα ολογράμματα.

Καθώς η έρευνα και η ανάπτυξη στον τομέα της ολογραφίας συνεχίζει να αυξάνεται, το παρόν ενδιαφέρον των ανθρώπων για τρισδιάστατη προβολή, ειδικά στις βιομηχανίες τηλεόρασης και κινηματογράφου ενισχύεται για περαιτέρω ανάπτυξη στην ολογραφία.

1.3 Πως λειτουργούν τα ολογράμματα;

Τα 3D ολογράμματα βασίζονται στα φυσικά κύματα φωτός και λειτουργούν δημιουργώντας μια ψευδαίσθηση εικόνας τριών διαστάσεων. Προκειμένου να δημιουργηθούν αυτές οι «ψευδαισθήσεις», πρέπει πρώτα μια πηγή φωτός να επικεντρωθεί στην επιφάνεια ενός αντικειμένου και έτσι το φως να διασκορπιστεί. Ταυτόχρονα, μια δεύτερη πηγή φωτός πρέπει να εμπλακεί για να εκπέμψει το ίδιο αντικείμενο και μέσω αυτού να δημιουργήσει μια παρέμβαση ανάμεσα στις δύο πηγές φωτός. Αυτή η διαδικασία, έχει ως αποτέλεσμα την επαφή και των δύο πηγών φωτός. Κατά αυτό τον τρόπο προκαλείται περίθλαση η οποία δίνει την ίδια αίσθηση με μία εικόνα 3D (Ghuloum, 2010).

Μπορούμε να υποθέσουμε ότι το ολόγραμμα λειτουργεί σαν παράθυρο με μνήμη: κατά την εγγραφή, το φιλμ καταγράφει όλες τις ακτίνες που το διασχίζουν. Κατά την αναπαραγωγή, αναδημιουργεί όλες αυτές τις ακτίνες, στις αρχικές τους κατευθύνσεις. Επομένως, το αντικείμενο αναπαράγεται στο αρχικό βάθος με πλήρεις τρισδιάστατες πληροφορίες. Δεδομένου ότι το κύριο φαινόμενο είναι ο σχηματισμός στάσιμων κυμάτων, τα κύματα που παρεμβαίνουν πρέπει να είναι μονοχρωματικά ημιτονοειδή, καθορισμένης φάσης και τα ολογράμματα καταγράφονται πιο εύκολα με συνεκτικό φως που παράγεται από λέιζερ (Ramachandiran et al., 2019).



Εικόνα 1.3 Τρόπος λειτουργίας ολογράμματος (<https://www.explainthatstuff.com/holograms.html>)

1.4 Διαδικασία δημιουργίας ολογράμματος

Η διαδικασία δημιουργίας ολογράμματος ξεκινά με μια συγκεκριμένη ακολουθία εκπομπής φωτός σε πολλαπλές γωνίες μέσω διαφορετικών προοπτικών φακών. Τα δεδομένα που λαμβάνονται πρέπει να συγκεντρωθούν μεταξύ τους έτσι ώστε να ενσωματωθούν σε ένα μόνο μέρος που θα ανακτήσει την αρχική σκηνή πίσω. Αρχικά, γίνονται λήψεις ενός αντικείμενου από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Έπειτα, τα δεδομένα του συλλέγονται και συσσωρεύονται. Τέλος, υποβάλλονται σε επεξεργασία όπου τελικά θα αναδημιουργήσουν το αντικείμενο για να παρέχουν τα βασικά δεδομένα των αντικειμένων στην αρχική του μορφή. Είναι σαν να δημιουργείται μια εικονική μηχανή που θα είναι αντίγραφο μιας ήδη υπάρχουσας μηχανής (Selvi et al., 2020).

1.5 Πως αποτυπώνονται οι εμπειρίες μετά την προβολή ολογραμμάτων

Ο φυσικός Regis Duthiel (2006) εξήγησε ότι «μετά από την παραγωγή ηλεκτρικής δραστηριότητας, το άτομο αντιλαμβάνεται άμεσα τα οπτικά ερεθίσματα, έχοντας την αίσθηση ότι μόλις είδε κάτι. Μεταξύ του σύντομου διαστήματος που μεσολαβεί ανάμεσα στην παραγωγή μιας ηλεκτρικής δραστηριότητας και της αντίληψης, κάτι συμβαίνει. Αυτό το μικρό κενό χρόνου μεταξύ των οπτικών αισθήσεων και του αντιληπτών αναπαραστάσεων μπορεί να είναι το αποτέλεσμα των συσχετισμών που υπάρχουν μεταξύ των πληροφοριών που αποθηκεύονται ως αναφορές και των νέων πληροφοριών που είναι τελικά σημαντικές».

Η παραπάνω δήλωση εξηγεί ότι για να ανακαλέσουμε τις τρισδιάστατες πληροφορίες ο εγκέφαλός μας χρειάζεται να αποσταθεροποιήσει το αντιληπτό μας δισδιάστατο σύστημα και τις κωδικοποιημένες παραμέτρους του. Η ολογραφική εικόνα, η οποία είναι αποτέλεσμα της απεικόνισης του φωτός ενός αντικείμενου σε όγκο, έχει το πλεονέκτημα να δημιουργεί αυτή την αποσταθεροποίηση στο αντιληπτό μας σύστημα και να διευρύνει τους ορίζοντές μας για τις διαστάσεις που μπορεί να έχει η πραγματικότητα στην οποία ζούμε.

Έτσι, το να βιώνει κανείς ένα ολόγραμμα είναι κάτι περισσότερο από το να βλέπει. Το να βλέπουμε δεν είναι πλέον θέμα των ματιών μας, αλλά ολόκληρου του σώματός μας σε κίνηση το οποίο αλληλεπιδρά με το παρατηρούμενο θέμα. Δημιουργώντας μια αμφισβήτηση για την αντίληψή

μας ότι υπάρχει μια μοναδική πραγματικότητα, η εμπειρία της ολογραφικής εικόνας ανοίγει την πόρτα σε νέες περιοχές ερευνών, γνώσης και δημιουργικότητας. Ο νευροφυσιολόγος Pribram, που απέδειξε ότι ο εγκέφαλος λειτουργεί ως ολογραφικό μοντέλο, πρότεινε ήδη από το 1984 να διδάσκεται το ολογραφικό παράδοξο στο σχολείο. Κάτι τέτοιο όπως υποστήριξε, θα συνέβαλε στο να δοθεί μια βάση παρατήρησης προκειμένου να αξιολογηθούν νέες δομές στη γνώση ώστε να δημιουργηθεί ένα νέο παιδαγωγικό πλαίσιο το οποίο θα είναι βασισμένο στην εμπειρία και την κίνηση (Pribman, 1991).

1.5.1 Ολογραφική μνήμη

Ο ανθρώπινος εγκέφαλος μπορεί να κρατά μνήμες με ολογραφικό τρόπο, όπως περιγράφεται από την ολογραφική θεωρία του εγκέφαλου του Pribram (Pribram,1991). Αυτή η θεωρητική προσέγγιση των γνωστικών διεργασιών στον εγκέφαλο υποδηλώνει ότι τα ολογραφικά δεδομένα διανέμονται αλλά όχι τοπικά, όπως σε απλές εικόνες. Σύμφωνα με τους Berend et al. (2016) «κάθε μέρος της μνήμης (ένας νευρώνας ή μια ομάδα νευρώνων) περιέχει κάποιες πληροφορίες σχετικά με το σύνολο των δεδομένων». Τα συστήματα των ανθρώπινων οργανισμών απαιτούν όχι μόνο την πνευματική ικανότητα απομνημόνευσης αλλά και τη συνειρμική ιδιότητα στην οποία ο εγκέφαλος δημιουργεί συνδέσεις «μεταξύ μονάδων πληροφοριών (εικόνων και εννοιών) που συνδέονται κατά τη μάθηση» ή τη γνωστική επεξεργασία (Orlov & Pavlov, 2015).

1.6 Είδη ολογραμμάτων

Τα πρώτα ολογράμματα που δημιουργήθηκαν ήταν επίπεδες δισδιάστατες διαφάνειες που προέκυψαν από το κατάλληλο συνεκτικό φως ενός λαμπτήρα ατμού νατρίου. Τα τρισδιάστατα ολογράμματα προέκυψαν το 1962 με τα πειράματα που διεξήχθησαν στο Πανεπιστήμιο του Μίσιγκαν από τους Έμετ Λέιθ και Juris Upratienks όπως αναφέρεται στους Chang & Lai (2018). Χρησιμοποιήθηκαν στον τομέα της οπτικής μηχανικής που έγινε δημοφιλής μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο. Αυτή η εξέλιξη των ολογραμμάτων συνεχίστηκε μέχρι σήμερα. Σύμφωνα με

τον Kernstein (2018), τα ολογράμματα έχουν βελτιωθεί σε τέτοιο βαθμό ώστε να είναι δυνατή η προβολή μιας ολοκληρωμένης ολογραφικής οθόνης 360 μοιρών. Επί του παρόντος, υπάρχουν πολλοί τύποι ολογραμμάτων που έχουν εφευρεθεί από τους ερευνητές.

Τα ανακλαστικά (reflection), τα διαπερατά (transmission), και τα ολογράμματα ψευδαισθήσεων αποτελούν τους τρεις δημοφιλέστερους τύπους ολογραμμάτων που χρησιμοποιούνται πιο συχνά. Γενικά, τα ολογράμματα ανάκλασης κατασκευάζονται με δύο δοκούς οι οποίοι βρίσκονται σε κοντινή απόσταση από το φιλμ της ολογραφικής πλάκας στην αντίθετη πλευρά. Τα διαπερατά ολογράμματα δημιουργούνται μέσω ενός αντικειμένου και ταυτόχρονα των κυμάτων αναφοράς που πλησιάζουν την ταινία από την ίδια πλευρά (Singh, 2015). Τα ολογράμματα ψευδαίσθησης λειτουργούν με βάση την αρχή του Pepper's Ghost, η οποία δημιουργήθηκε μέσω καθρεφτών υπό γωνία, αλλά το αποτέλεσμα δεν παράγεται με τη χρήση τεχνικών ολογραφίας (Krakovsky, 2016). Γενικά, τα ολογράμματα ψευδαίσθησης δημιουργούν μια ψευδή αίσθηση τρισδιάστατης εικόνας στο θεατή και έχουν τη δυνατότητα να εμφανίζουν μια εικόνα ή ένα βίντεο σαν να αιωρούνται στον αέρα. Παρακάτω περιγράφονται όλα τα είδη και οι υποκατηγορίες των ολογραμμάτων.

1.6.1 Διαπερατά ολογράμματα (transmission holograms)

Το διαπερατό ολόγραμμα εξαρτάται κυρίως από φως λέιζερ και παράγεται όταν το αντικείμενο αναφοράς και οι δέσμες προσπίπτουν στο μέσο καταγραφής από την ίδια πλευρά. Τα διαπερατά ολογράμματα, είναι διαφανή και για να σχηματιστεί το είδωλο του αντικειμένου πρέπει να φωτίζονται από πίσω (όπως οι διαφάνειες). Έτσι, το φως εκτρέπεται καθώς περνά μέσα από το ολόγραμμα και δημιουργεί στα μάτια του παρατηρητή το είδωλο της εικόνας. Στα διαπερατά ολογράμματα, το αντικείμενο φαίνεται ότι βρίσκεται μπροστά από το ολογραφικό φιλμ.

Τα ολογράμματα αυτού του είδους φτιάχνονται από λέιζερ, αλλά πρέπει επίσης να φωτιστούν από λέιζερ για να αποκαλύψουν το είδωλο. Για το λόγο αυτό, οι εικόνες εμφανίζονται να έχουν το χρώμα του λέιζερ που τις φωτίζει, συνήθως κόκκινο (helium neon laser). Αυτός είναι ο παλαιότερος τύπος ολογράμματος που αναπτύχθηκε από τους Leith και Upatniks το 1962. Μπορούν να αποτυπώσουν μια εικόνα ή ένα θέμα πολύ μεγαλύτερο από την ολογραφική πλάκα ή φύλλο ταινίας που καταγράφει το ολόγραμμα. Μια εικόνα μπορεί να προβληθεί σε μια οθόνη ή άλλη

επιφάνεια με λέιζερ. Επίσης, μπορεί να διασπαστεί σε μικρότερα κομμάτια και το κάθε κομμάτι να εμπεριέχει ολόκληρη την εικόνα (Jeong&Jeong, 2005).



Εικόνα 1.4. Al Razutis, Pose, 2007, Διαπερατό ολόγραμμα μοντέλου (alchemists.com)

1.6.1.1 Διαπερατά ολογράμματα λευκού φωτός

Είναι γνωστά και ως Benton ολογράμματα καθώς αναπτύχθηκαν από τον Stephen Benton στις Η.Π.Α το 1969. Τα έργα του Benton σχετικά με τα ολογράμματα, επέφεραν σημαντική ανάπτυξη όχι μόνο στον επιστημονικό κόσμο αλλά ταυτόχρονα και στον καλλιτεχνικό χώρο και το χώρο διαφήμισης. Ειδικά τα διαπερατά ολογράμματα λευκού φωτός μπορούν να είναι ορατά στο φως της ημέρας και μπορούν να κρεμαστούν με τις αντίστοιχες συσκευές στον τοίχο.



Εικόνα 1.5. Διαπερατό ολόγραμμα λευκού φωτός (www.holophile.com. 2009)

1.6.1.2 Διαπερατά ολογράμματα ουράνιου τόξου (rainbow transmission holograms)

Τα διαπερατά ολογράμματα ουράνιου τόξου ή Benton ολογράμματα είναι ένας τύπος ολογράμματος που εφευρέθηκε το 1968 από τον Δρ. Stephen A. Benton στην Polaroid Corporation (Benton, 1969). Τα συγκεκριμένα ολογράμματα έχουν σχεδιαστεί για να φαίνονται κάτω από φωτισμό λευκού φωτός και όχι με φως λέιζερ που ήταν προηγουμένως απαραίτητο. Η διαδικασία εγγραφής ολογραφίας ουράνιου τόξου χρησιμοποιεί μια οριζόντια σχισμή για να εξαλείψει την κάθετη παράλλαξη στην εικόνα εξόδου, μειώνοντας σημαντικά τη φασματική θόλωση διατηρώντας ταυτόχρονα την τρισδιάστατη διάσταση για τους περισσότερους παρατηρητές.

Ένας θεατής που κινείται πάνω, κάτω ή μπροστά από ένα ολόγραμμα ουράνιου τόξου βλέπει μεταβαλλόμενα φασματικά χρώματα και όχι διαφορετικές κάθετες προοπτικές. Επειδή τα εφέ προοπτικής αναπαράγονται μόνο κατά έναν άξονα, το θέμα θα εμφανίζεται με διαφορετικό τρόπο τεντωμένο ή συμπιεσμένο όταν το ολόγραμμα δεν είναι ορατό στη βέλτιστη απόσταση.

Αυτά τα ολόγραμμα είναι διαπερατά ολογράμματα, όπου φωτίζονται από τη μία πλευρά και φαίνονται από την άλλη. Ο φωτισμός και η προβολή μπορούν να γίνουν από την ίδια πλευρά εάν το ολόγραμμα είναι τοποθετημένο σε ανακλαστική επιφάνεια. Η μαζική αντιγραφή τέτοιων ολογραμμάτων μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας μια διαδικασία αποτύπωσης σε ανάγλυφο. Αυτά χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών ασφαλείας, όπως πιστωτικές κάρτες, τραπεζογραμμάτια και ποιοτικά εμπορεύματα.

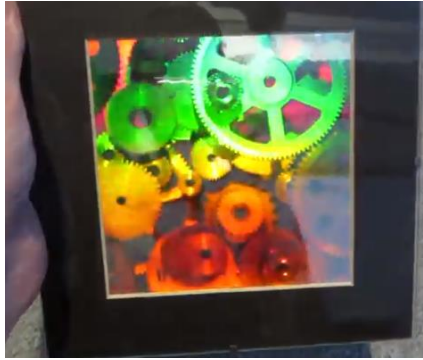
1.6.1.3 Ανάγλυφα ολογράμματα (Embossed holograms)

Τα ανάγλυφα ολογράμματα χρησιμοποιούνται κυρίως για λόγους ασφαλείας, όπως το σήμα του αετού στις κάρτες visa. Ένα ανάγλυφο ολόγραμμα είναι ένα διαπερατό ολόγραμμα ουράνιου τόξου με έναν καθρέφτη (στρώμα αλουμινίου) πλαστικοποιημένο στο πίσω μέρος. Όπως και στην παραδοσιακή διαδικασία εκτύπωσης δίσκων βινυλίου, το σχέδιο είναι ανάγλυφο από τη θερμότητα και την πίεση από μια μεταλλική σφραγίδα σε ένα θερμοπλαστικό μέσο.

Υπάρχουν πολλοί τύποι ανάγλυφων ολογραμμάτων:

1) Τα 2D ανάγλυφα ολόγραμμα είναι κατασκευασμένα από δισδιάστατα έργα τέχνης, συνήθως από διαφάνεια.

- 2) Τα ανάγλυφα ολογράμματα 2D/3D είναι κατασκευασμένα από μια στοίβα δισδιάστατων έργων τέχνης, έτσι ώστε κάθε στρώμα να έχει διαφορετική απόσταση από το επίπεδο του φιλμ.
- 3) Τα τρισδιάστατα ανάγλυφα ολογράμματα κατασκευάζονται από τρισδιάστατα μοντέλα.
- 4) Τα πολύπλοκα ανάγλυφα ολόγραμμα είναι κατασκευασμένα από πολλά έργα τέχνης, συχνά από μια οθόνη LCD (<https://holowiki.org>).

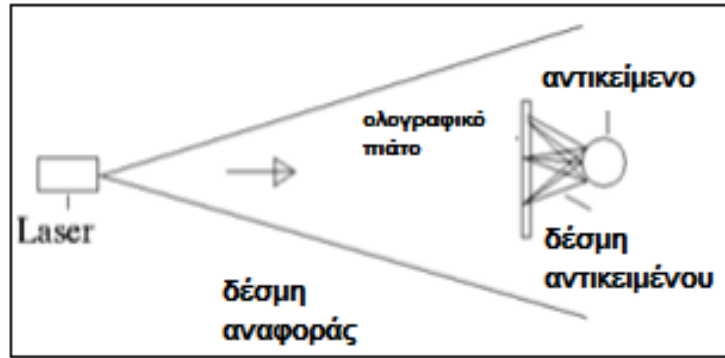


Εικόνα 1.6. Ανάγλυφο ολόγραμμα (<https://www.youtube.com/watch?v=oxCjNjvpy4>)

1.6.2 Ανακλαστικά ολογράμματα (reflection holograms)

Τα ανακλαστικά ολογράμματα είναι είτε αδιαφανή είτε διαφανή και πρέπει να φωτίζονται από εμπρός, αντανακλώντας το φως προς τον παρατηρητή, σαν ένας πίνακας ή μια φωτογραφία αναρτημένη στον τοίχο. Τα ανακλαστικά ολογράμματα γίνονται ορατά με το φωτισμό τους από φυσικό φως ή μια κοινή συμβατική λάμπα φωτισμού. Δεν ισχύει δηλαδή ο περιορισμός ότι το φως κατά τη στιγμή της επαναδημιουργίας των μετώπων κύματος πρέπει να είναι το ίδιο ακριβώς με αυτό, που φώτισε το αντικείμενο κατά τη στιγμή της δημιουργίας του ολογράμματος. Η βασική έννοια της αντανάκλασης χρησιμοποιεί ένα λευκό φως από πηγές όπως σημείο φωτισμού, φως φλας και ούτω καθεξής. Όταν δύο δέσμες από αντίθετες κατευθύνσεις πλησιάζουν την ολογραφική πλάκα, συμβαίνει αντανάκλαση. Η ανακλαστική εικόνα που παράγεται έτσι αποθηκεύεται σε ένα παχύ γαλάκτωμα και μπορεί να προβληθεί σε λευκό φως (Awad & Kharbat, 2018).

Τα ανακλαστικά ολογράμματα μπορούν να παράγουν είτε μόνο ένα χρώμα είτε και να είναι πολύχρωμα. Το βάθος πεδίου αυτών των ολογραμμάτων είναι μικρότερο από τα διαπερατά ολογράμματα. Η εικονική και η πραγματική αναπαράσταση της εικόνας περιορίζεται περίπου στα 20 ε 30 εκατοστά.



Εικόνα 1.7. Τρόπος λειτουργίας ολογράμματος ανάκλασης
 (<https://3dgraphpro.weebly.com/reflection-holograms.html>)



Εικόνα 1.8. Ανακλαστικό ολόγραμμα (art-in-holography.org)

1.6.2.1 Ολογράμματα Denisyuk

Αυτό το είδος ολογράμματος δημιουργήθηκε από τον Yuri N. Denisyuk στη Ρωσία, το 1961 και αποτελεί ένα ολόγραμμα ανάκλασης στο οποίο υπάρχει μία μόνο δέσμη λέιζερ για το αντικείμενο. Αυτά τα ολογράμματα μπορούν να γίνουν ορατά σε λευκό φως. Παρά το γεγονός ότι έχουν μικρό βάθος, μία εξαιρετικά ρεαλιστική εικόνα του αντικειμένου μπορεί να γίνει ορατή. Για την φωτεινότητα και την ακρίβεια του ολογράμματος, όπως και σε όλα τα ολογράμματα ανάκλασης, στο ολόγραμμα του Denisyuk, η καταγεγραμμένη εικόνα θα πρέπει να σταθεροποιηθεί εφόσον πρώτα αναπτυχθεί και υπάρχει η κατάλληλη ευκρίνεια. Αυτά τα ολογράμματα έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως σε μουσεία για την τεκμηρίωση των αντικειμένων (Leonardo, 2001).



Εικόνα 1.9. Ο Yuri Denisyuk με το ολόγραμά του (vanrenesseconsulting.com)

1.6.3 Υβριδικά Ολογράμματα (Hybrid Holograms)

Είναι ένας μεικτός τύπος μεταξύ των διαπερατών ολογραμμάτων και των αντανάκλαστικών ολογραμμάτων. Ως υβριδικά ολόγραμμα μπορούν να προσδιοριστούν τα ολοκληρωμένα ολόγραμμα, η ολογραφική παρεμβολή, τα ολόγραμμα πολλαπλών καναλιών, τα ανάγλυφα ολογράμματα και τα ολογράμματα που παράγονται από υπολογιστή. Για παράδειγμα, χρησιμοποιούνται ανάγλυφα ολόγραμμα για εφαρμογές γνησιότητας, όπως διαβατήρια ή πιστωτικές υπηρεσίες (Matisak et al., 2019). Τα ολόγραμμα που δημιουργούνται από υπολογιστή χρησιμοποιούνται για την κατασκευή οπτικών στοιχείων, για σάρωση, γενικά για τον έλεγχο του φωτός λέιζερ. Πιο συγκεκριμένα επεξηγούνται παρακάτω ως ξεχωριστές υποκατηγορίες.

1.6.3.1 Ολοκληρωμένα ολογράμματα (Integral holograms)

Μέσω των ολογραμμάτων αυτών, η καταγραφή ολογράμματος πραγματοποιείται με φωτισμό λέιζερ και χρήση της δεσμίδας φωτός που εξάγεται από το αντικείμενο σε ένα στενή κάθετη λωρίδα που ονομάζεται ολογραφικό πιάτο (holographic plate). Αυτά τα ολογράμματα μερικές φορές αναφέρονται ως στερεογράμματα ή πολύπλοκα ολογράμματα. Είναι μια διαδικασία δύο βημάτων.

Οι εικόνες μπορούν να δημιουργηθούν σε κινηματογραφική ταινία 16mm ή 35mm, βίντεο ή μια σειρά αρχείων που δημιουργούνται από υπολογιστή και στη συνέχεια να μεταφερθούν με λέιζερ σε ολογραφικό φιλμ. Τα ολοκληρωμένα ολογράμματα μπορούν να εμφανιστούν επίπεδα, καμπύλα ή κυλινδρικά με δυνατότητα προβολής από 360 μοίρες. Η εμφάνιση του ολογράμματος σε καμπύλη ή κυλινδρική επιφάνεια καθιστά το ολόγραμμα ορατό σε μεγαλύτερο κοινό από το κανονικό (<https://www.holographer.com>).



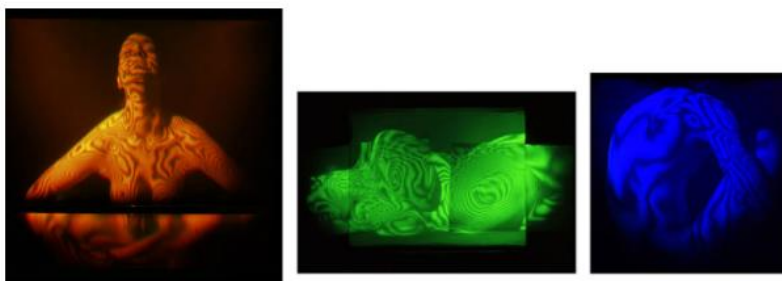
Εικόνα 1.10. Ολοκληρωμένο ολόγραμμα με τίτλο «Huddle»

(<https://www.wikiart.org/en/simone-forti/huddle-integral-hologram-1976>)

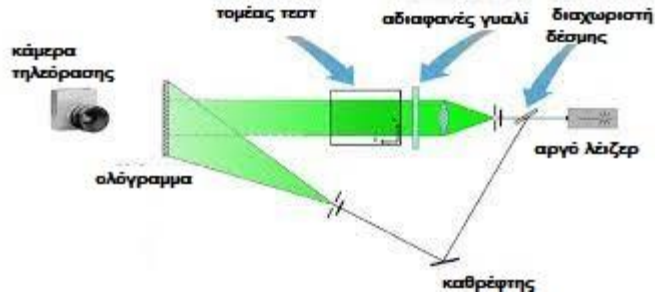
1.6.3.2 Ολογραφική παρεμβολή (Holographic interferometry)

Στην ολογραφική παρεμβολή, η εικονική αναπαράσταση συγκρίνεται με ένα πραγματικό αντικείμενο σε πραγματικό χρόνο ολογραφικής παρεμβολής. Αρκετές ερευνητικές ομάδες δημοσίευσαν έγγραφα το 1965 που περιγράφουν ολογραφική παρεμβολή. Ενώ οι πρώτες παρατηρήσεις φαινομένων που θα μπορούσαν να αποδοθούν σε ολογραφική παρεμβολή έγιναν από τον Juris Upatnieks το 1963 το ουσιαστικό χαρακτηριστικό της διαδικασίας δεν έγινε κατανοητό μέχρι το έργο των Powell και Stetson. Τα πειράματά τους διεξήχθησαν κατά την περίοδο Οκτωβρίου έως Δεκεμβρίου 1964 και ξεκίνησαν με τη διερεύνηση του περιοδικού μήκους συνοχής του λέιζερ HeNe που χρησιμοποιήθηκε.

Η συμπαγής ακτίνα λέιζερ χρησιμοποιήθηκε για να φωτίσει ένα σημείο σε ένα μικρό αντικείμενο που τοποθετήθηκε ανάμεσα σε δύο καθρέφτες έτσι ώστε η εικόνα του να μπορεί να παρατηρηθεί κοιτώντας πάνω από έναν καθρέφτη στη σήραγγα πολλαπλών ανακλάσεων μεταξύ των καθρεφτών. Κάθε εικόνα ήταν 10 εκατοστά μεγαλύτερη σε μήκος διαδρομής από αυτή πριν από αυτήν. Επειδή αυτά τα λέιζερ είχαν περίπου τρεις διαμήκεις λειτουργίες, το μήκος της συνοχής τους ήταν περιοδικό, όπως περιγράφεται από τον κατασκευαστή, Spectra Physics σε συνεργασία με την Perkin Elmer Corporation. Αυτό αποδείχθηκε καταγράφοντας ένα ολόγραμμα της όψης πάνω από έναν από τους καθρέφτες (Beigzadeh, 2017).



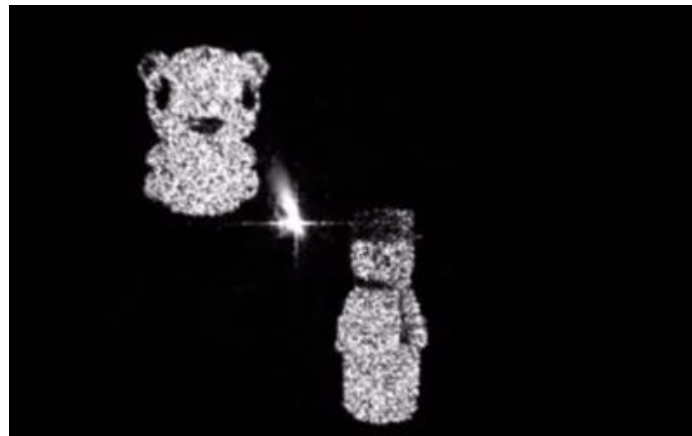
Εικόνα 1.11. Ολογραφική παρεμβολή (<http://www.sallyweber.com/descent.htm>)



Εικόνα 1.12. Τρόπος λειτουργίας ολογραφικής παρεμβολής (Ambrosini et al. 2005)

1.6.3.3 Ολογράμματα πολλαπλών καναλιών (multichannel hologram)

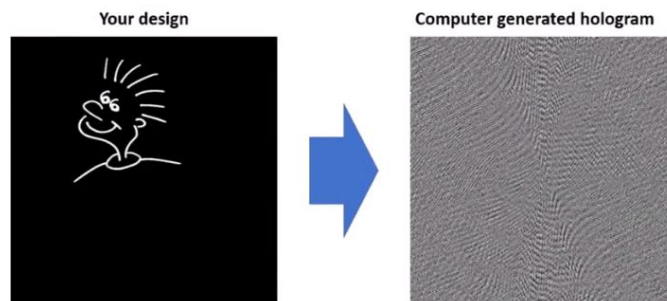
Αυτού του τύπου τα ολογράμματα παράγονται με τις μεθόδους κάλυψης και πολυέκθεσης μοτίβων ολογραμμάτων. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν περισσότερες από μία ολογραφικές πλάκες σε στρώσεις και μπορούν επίσης να εκτεθούν πολύ χρησιμοποιώντας ένα ή περισσότερα μοτίβα. Αυτή η τεχνική παρέχει περισσότερη ευελιξία στον καλλιτεχνικό χώρο καθώς μπορούν να μετατρέψουν τη μορφή και το χρώμα. Ακόμη, στα ολογράμματα αυτά, μπορούμε να δούμε εντελώς διαφορετικές σκηνές αλλάζοντας απλώς την οπτική γωνία φωτός πάνω στο ολόγραμμα (Jeong, 2007).



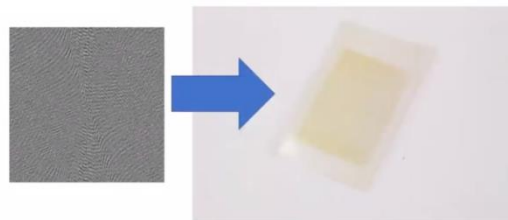
Εικόνα 1.13. Ολόγραμμα πολλαπλών καναλιών
(<https://www.youtube.com/watch?v=xy6TjULMimI&t=33s>)

1.6.3.4 Ολογράμματα που παράγονται από υπολογιστές (Computer generated holograms)

Η ολογραφία που παράγεται από τους υπολογιστές είναι ένας από τους τομείς που επωφελούνται από την ταχεία ανάπτυξη υπολογιστών. Αν και απαιτείται τεράστιος χρόνος και μνήμη για τον υπολογισμό ενός ολογράμματος που παράγεται από υπολογιστή (CGH), οι παρόντες υπολογιστές επιτρέπουν τη σύνθεσή του σε χρόνο. Εκτός από την απόδοση του υπολογιστή, ένας αλγόριθμος που υπολογίζει τη περίθλαση είναι σημαντικός όσον αφορά τη μείωση του χρόνου υπολογισμού (Sando & Yatagai, 2005). Το ολόγραμμα μπορεί να σχεδιαστεί από έναν υπολογιστή, γνωρίζοντας το μοτίβο περίθλασης και τις λεπτομέρειες του ολόγραμμα. Μέσω αυτού μπορούμε να υπολογίσουμε το μήκος κύματος του φωτός. Το CGH χρησιμοποιείται για την κατασκευή ολογραφικού οπτικού στοιχείου.

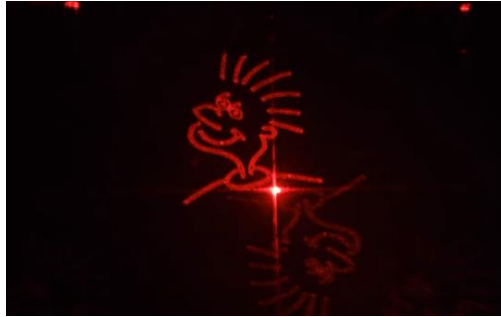


Εικόνα 1.14. Επεξεργασία σχεδίου σε πρόγραμμα υπολογιστή που δημιουργεί ολογράμματα (https://www.youtube.com/watch?v=kcuTcxvHPNA&ab_channel=EdumotivaLab)



Εικόνα 1.15. Καταγραφή σχεδίου σε ολογραφικό φιλμ

(https://www.youtube.com/watch?v=kcuTcxvHPNA&ab_channel=EdumotivaLab)



Εικόνα 1.16. Αναδημιουργία με φως λέιζερ

(https://www.youtube.com/watch?v=kcuTcxvHPNA&ab_channel=EdumotivaLab)

1.6.4 Λοιπές κατηγορίες ολογραμμάτων

1.6.4.1 Ο τύπος των ειδικών γυαλιών (special glasses type)

Αυτός ο τύπος γυαλιού επιτρέπει στο φως να περάσει και επίσης επιτρέπει σε ένα άλλο φως να παράγει εικόνες στα γυαλιά. Η Microsoft παρήγαγε τα HoloLens το 2016 (Kernstein, 2018). Τα HoloLens αποτελούν τον πρώτο αυτόνομο, ολογραφικό υπολογιστή που βοηθά τον χρήστη να ασχοληθεί με το ψηφιακό περιεχόμενο και επίσης να συνεργαστεί με το άλλο ολόγραμμα που υπάρχει.



Εικόνα 1.17. Ειδικά γυαλιά αναπαράστασης ολογράμματος (Kernstein, 2018)



Εικόνα 1.18. Αναπαράσταση ολογράμματος με Microsoft Hololens (Erikson, 2015)

1.6.4.2 Ολογράμματα παλμικού λέιζερ (pulse laser hologram)

Το παλμικό λέιζερ είναι ένα στέρεο λέιζερ το οποίο διαχέει το φως σε μη μόνιμες μορφές. Αυτό το λέιζερ έχει χρησιμοποιηθεί για να καταγράψει κινούμενα αντικείμενα και ζωντανές σκηνές. Ενώ προηγουμένως είχε τη δυνατότητα να καταγράψει στατικά μη έμψυχα αντικείμενα, τώρα με τη χρήση του λέιζερ είναι εφικτό να καταγραφούν έμψυχα αντικείμενα όπως άνθρωποι, ζώα, λουλούδια αλλά και κινούμενα αντικείμενα όπως, τρεχούμενο νερό, αιωρούμενες σαπουνόφουσκες με τη βοήθεια του παλμικού λέιζερ. Στις αρχές του 1980 η τεχνολογία του παλμικού λέιζερ προσέφερε μεγάλη ευκολία χρήσης σε καλλιτέχνες της εποχής που επιχειρούσαν την ολογραφική τεχνολογία (Nicholson, 2009).

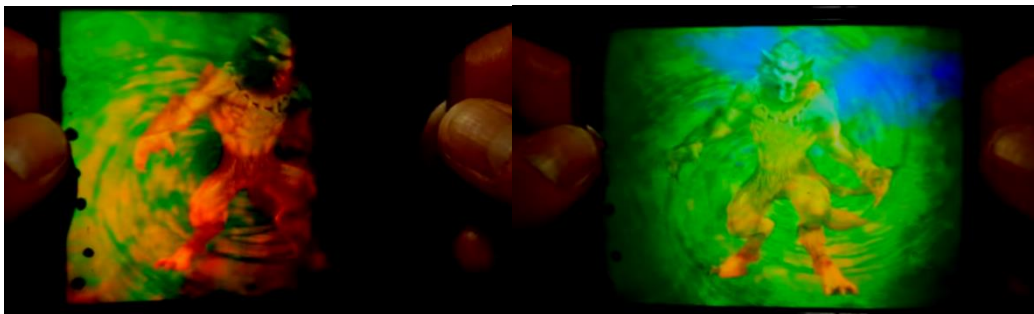
Με τα ολογράμματα παλμικού λέιζερ ένα κινούμενο αντικείμενο μπορεί να φαίνεται ότι βρίσκεται σε αδράνεια όταν παράγεται ένα ολόγραμμα με την εξαιρετικά γρήγορη και υψηλής έντασης λάμψη ενός παλμικού λέιζερ. Η διάρκεια ενός τέτοιου παλμού μπορεί να είναι μικρότερη από 1/10.000.000 του δευτερολέπτου. Εφόσον το αντικείμενο δεν κινείται περισσότερο από το 1/10 του μήκους κύματος φωτός κατά τη διάρκεια αυτού του μικρού χρονικού διαστήματος, μπορεί να ληφθεί ένα χρησιμοποιήσιμο ολόγραμμα. Ένα λέιζερ συνεχούς κύματος παράγει μια πολύ λιγότερο έντονη δέσμη, που απαιτεί μεγάλες εκθέσεις. έτσι δεν είναι κατάλληλο όταν υπάρχει ακόμη και η παραμικρή κίνηση (<https://www.britannica.com>).



Εικόνα 1.19. Ολόγραμμα παλμικού λέιζερ (annamarianicholson.com)

1.6.4.3 Ολογραφικά στερεογράμματα (holographic stereograms)

Αυτή η τεχνική εμπεριέχει τον συνδυασμό εικόνων από διαφορετικές οπτικές γωνίες μέσω κάμερας, υπολογιστή. Ο Αμερικανός φυσικός Cross, πρώτα τράβηξε φωτογραφίες γύρω από ένα άτομο ή ένα αντικείμενο με παραδοσιακά φωτογραφικά διαθετικά φιλμ και έπειτα με τις σειρές των διαθετικών φιλμ δημιούργησε διαθετικά ολογράμματα. Αργότερα, τοποθέτησε αυτά τα ολογράμματα σε ένα κύλινδρο 120° ή 360° και έτσι αποκαλύφθηκε το πρώτο ολογραφικό στερεόγραμμα (Cross,1992).



Εικόνα 1.20. Ολογραφικό στερεόγραμμα

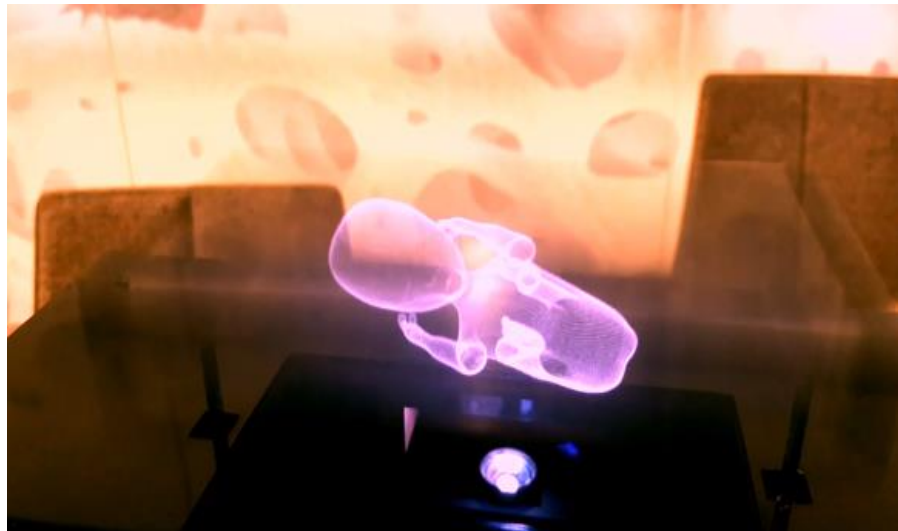
(https://www.youtube.com/watch?v=sFw_FttTIAA)

1.6.4.4 360° Ολογράμματα

Υπάρχουν πολλοί τρόποι για να δημιουργήσει κανείς ολογράμματα τα οποία να έχουν αποτέλεσμα 360 μοιρών παράλληλα. Τα ολογραφικά στερεογράμματα 360°, τα κυλινδρικά, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.20 καθώς και τα ογκομετρικά ολογράμματα είναι μερικά από αυτά (Saxby, 1994). Τα ολογραφικά στερεογράμματα 360° καθώς και τα κυλινδρικά ολογράμματα, τα οποία δημιουργούνται από ηλεκτρονικούς υπολογιστές, αποτελούν την πιο κοινή επιλογή χρήσης από ανθρώπους του καλλιτεχνικού χώρου.

1.6.4.5 Ογκομετρικά ολογράμματα

Τα ογκομετρικά ολογράμματα είναι αυτά των οποίων η εικόνα δείχνει να αιωρείται στον αέρα και ο θεατής μπορεί να τα δει από όλες τις οπτικές γωνίες καθώς περιστρέφονται γύρω του.

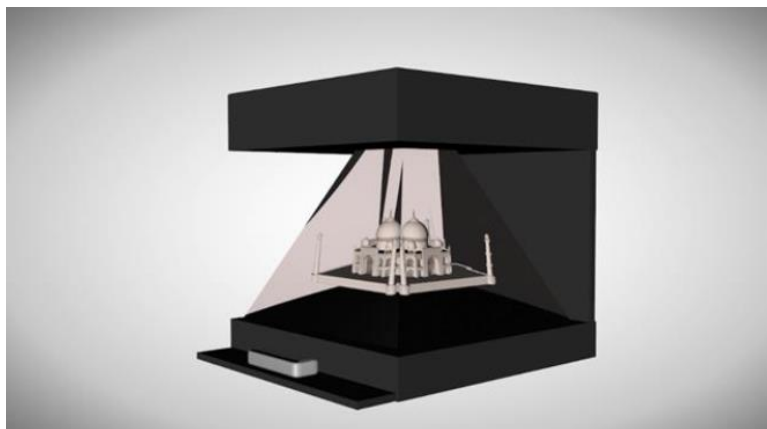


Εικόνα 1.21. Παρουσίαση εμβρύου ως ογκομετρικό ολόγραμμα (<https://voxon.co/technology/>)

1.7 Ολογραφικές συσκευές

1.7.1 Ολογράμματα – Πυραμίδες

Αυτές οι ολογραφικές συσκευές υπάρχουν σε δύο είδη: την ολογραφική πυραμίδα DIY που τοποθετείται στο κινητό ή το tablet , ή τα ολογραφικά στερεά σχήματα, που περιέχουν επίσης μια πυραμίδα κοντά σε μια οθόνη, που πωλούνται στο διαδίκτυο από πολλούς λιανοπωλητές. Αυτές οι τρισδιάστατες πυραμίδες εικόνες χρησιμοποιούν την αντανάκλαση του φωτός με παρόμοιο τρόπο όπως χρησιμοποίησε πρώτα ο Pepper με την ονομασία "Pepper'sGhost" που δίνει την παρουσία μιας εικονικής τρισδιάστατης εικόνας μέσα σε ένα πλαίσιο. Αυτό το είδος εικόνας λειτουργεί προσαρμόζοντας τις πλευρές της πυραμίδας σε 45° σε κάθε μια από τις 4 πλευρές γυαλιού, δίνοντας την εντύπωση μιας πολυδιάστατης εικόνας που αντανακλάται στο εσωτερικό.



Εικόνα 1.22. Συσκευή ολογράμματος-πυραμίδα (Kalarat, 2017)

1.7.2 Συσκευή ολογραφικής φωτογραφίας :Looking Glass Portrait

Ιδρύθηκε το 2014. Η Looking Glass Factory Inc έχει την έδρα της στο Greenpoint, στο Μπούκλιν με επιπλέον δραστηριότητες στο Χονγκ Κονγκ. Το 2018 η εταιρεία λάνσαρε το πρώτο επιτραπέζιο ολογραφικό κιτ οθόνης den στον κόσμο. Το 2019, ξεκίνησε η αποστολή της πρώτης οθόνης φωτός πεδίου 8K στον κόσμο και το 2020 κυκλοφόρησε το Looking Glass Portrait, μια προσωπική ολογραφική οθόνη.



Εικόνα 1.23. Συσκευή ολογραφικής φωτογραφίας (<https://lookingglassfactory.com/>)

1.7.3 Συσκευή ολογραμμάτων Τηλεπαρουσίας

Ένα ολογραφικό σύστημα τηλεπαρουσίας καταγράφει εικόνες πραγματικών, απομακρυσμένων ανθρώπων και/ή γύρω αντικειμένων και συμπιέζει και μεταδίδει τις εικόνες και τον ήχο μέσω ενός ευρυζωνικού δικτύου ». Μόλις μεταδοθεί, αποσυμπιέζει τις εικόνες και τελικά τις προβάλλει.

Η ολογραφική τηλεπαρουσία είναι το επόμενο βήμα επικοινωνίας που αποτελείται από ένα σύστημα τρισδιάστατης τηλεδιάσκεψης σε πλήρη κίνηση που μπορεί να προβάλλει μακρινούς ανθρώπους και αντικείμενα σε ένα δωμάτιο, με ζωντανή επικοινωνία ήχου και εικόνας, που κυμαίνεται από τη συμμετοχή εξ αποστάσεως σε συναντήσεις και συνέδρια έως εικονικές σκηνικές εμφανίσεις σε συναυλίες (Bove, 2011).

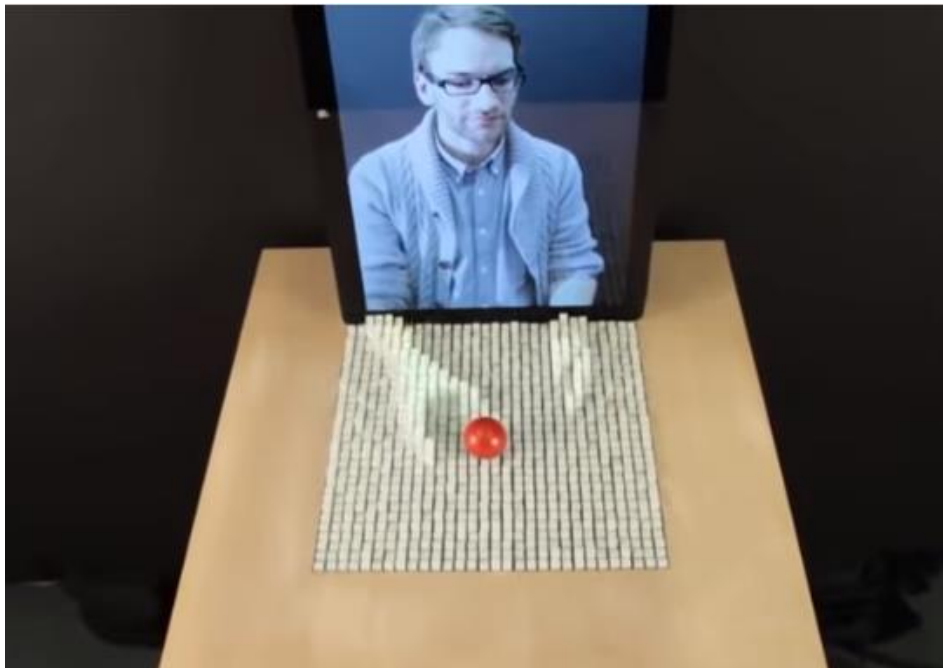


Εικόνα 1.24. Αναπαράσταση συνέντευξης με ολόγραμμα μέσω τηλεπαρουσίας

(Luevano et al., 2019)

1.7.4 Απτικά Ολογράμματα iNform

Το iNFORM είναι μια Δυναμική Οθόνη Σχήματος που μπορεί να αποδώσει 3D περιεχόμενο με φυσικό τρόπο, ώστε οι χρήστες να μπορούν να αλληλεπιδρούν με τις ψηφιακές πληροφορίες με απτό τρόπο. Το iNFORM μπορεί επίσης να αλληλεπιδράσει με τον φυσικό κόσμο γύρω του, για παράδειγμα κινούμενα αντικείμενα στην επιφάνεια του τραπεζιού. Οι απομακρυσμένοι συμμετέχοντες σε μια τηλεδιάσκεψη μπορούν να εμφανιστούν σωματικά, επιτρέποντας μια ισχυρή αίσθηση παρουσίας και τη δυνατότητα φυσικής αλληλεπίδρασης από απόσταση. Στην **Εικόνα 1.24** φαίνεται ο τρόπος λειτουργίας αυτών των ολογραμμάτων.



Εικόνα 1.25. Απτικά ολογράμματα με τη συσκευή iNform
(<https://tangible.media.mit.edu/project/inform>)

1.7.5 Ολογραφική τηλεόραση

Η ολογραφική τηλεόραση δημιουργήθηκε από τον ερευνητή του MIT Michael Bove το 2013. Ο Dr. Bove χρησιμοποίησε μια κάμερα της Microsoft Kinect ως έναν σχετικά αποτελεσματικό τρόπο για τη λήψη θεμάτων σε έναν τρισδιάστατο χώρο. Στη συνέχεια, γίνεται επεξεργασία της εικόνας εικόνα από μια κάρτα γραφικών υπολογιστή και αναπαράγεται με μια σειρά διόδων λέιζερ. Η παραγόμενη εικόνα είναι πλήρως τρισδιάστατη σε 360° και επομένως μπορεί να προβληθεί από όλες πλευρές για να αποκτήσει χωρική προοπτική (https://en.wikipedia.org/wiki/Holographic_display) .

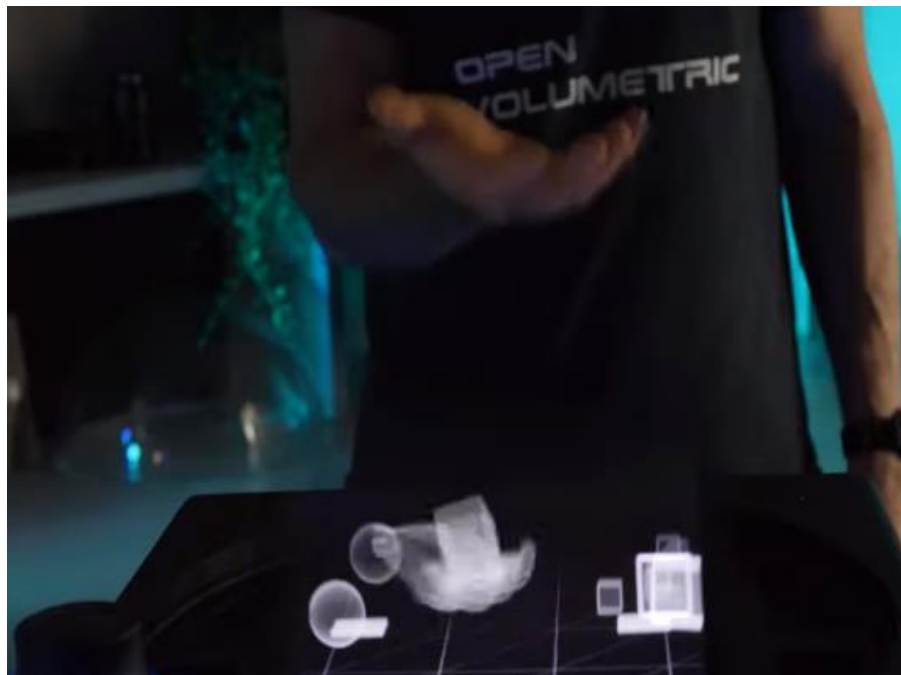
Όπως προκύπτει και από την Εικόνα 27 οι χρήστες είναι σε θέση να αλληλοεπιδράσει με τα παραγόμενα ολογράμματα στον τομέα πχ του gaming. Ο Bove ισχυρίζεται ότι αυτή η τεχνολογία θα είναι ευρέως διαδεδομένη μέχρι το 2023 και ότι η τεχνολογία θα κοστίζει όσο και οι σημερινές συνηθισμένες καταναλωτικές τηλεοράσεις (2011).



Εικόνα 1.26. Gaming σε 3D ολογραφική τηλεόραση
(<http://odedkariti.com/real-experienced-holographic-television/>)

1.7.6 Συσκευή ογκομετρικού και κιναισθητικού ολογράμματος Voxon

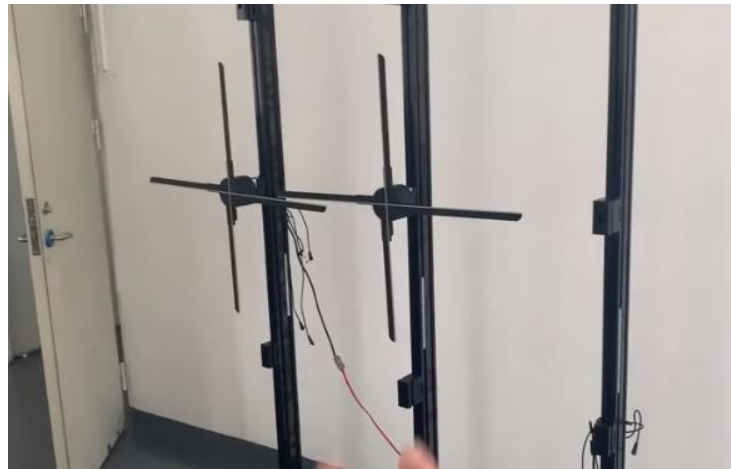
Στην περίπτωση των συσκευών αυτών τα «αντικείμενα που δημιουργούνται δεν φαίνονται να βρίσκονται εντός της οθόνης αλλά εξαπλώνονται στον χώρο σε τρισδιάστατη μορφή. Δεν χρειάζονται ειδικά γυαλιά για να δει ο χρήστης τα ολογράμματα και μπορεί να τα επεξεργαστεί από οποιαδήποτε γωνία. Οι συσκευές αυτές δημιουργούν αλληλεπιδραστικά ολογράμματα. Για παράδειγμα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 28, ο χρήστης μετακινεί το χέρι του και ταυτόχρονα κινείται με τον ίδιο τρόπο το ολόγραμμα που βρίσκεται ακριβώς από κάτω (<https://voxon.co>) .



Εικόνα 1.27. Αλληλεπίδραση ανθρώπου με ολόγραμμα σε ολογραφική συσκευή της Voxon (<https://voxon.co>).

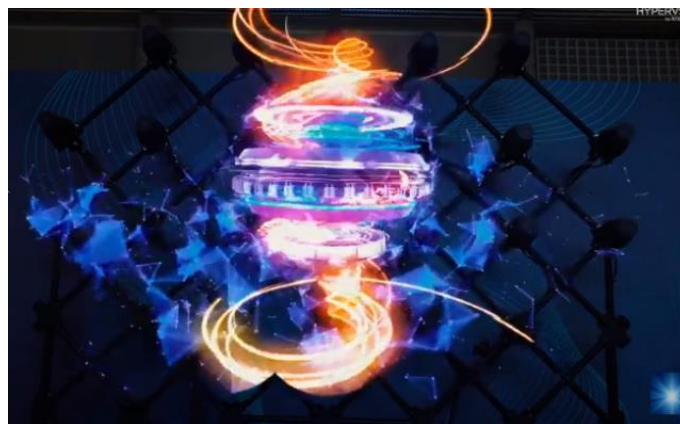
1.7.7 Ολογράμματα ανεμιστήρες (Fan type hologramms)

Ο ολογραφικός ανεμιστήρας δημιουργεί μια ψευδαίσθηση τρισδιάστατων αντικειμένων που αιωρούνται ελεύθερα στον αέρα. Ο ανεμιστήρας που γυρίζει γρήγορα γίνεται σχεδόν αόρατος με γυμνό μάτι και το προβαλλόμενο αντικείμενο αποκτά έτσι ένα διαφανές φόντο. Οι ολογραφικοί ανεμιστήρες είναι τύποι οθονών που παράγουν μια ολογραφική εικόνα που φαίνεται να αιωρείται στον αέρα, έχοντας λωρίδες LED RGB προσαρτημένες στις λεπίδες του ανεμιστήρα. Εμπεριέχουν επίσης μια μονάδα ελέγχου που φωτίζει τα εικονοστοιχεία καθώς ο ανεμιστήρας γυρίζει, για να παράγει πλήρη εικόνα.



Εικόνα 1.28. Ολογραφικοί ανεμιστήρες εκτός λειτουργίας.

(https://www.youtube.com/watch?v=oakwe39a-Yk&ab_channel=KLGadgetTV)



Εικόνα 1.29. Ολογραφικοί ανεμιστήρες εντός λειτουργίας, αναπαράσταση ολογράμματος.

(https://www.youtube.com/watch?v=8ZuoRWRzS_c&ab_channel=WonderWorld)

1.7.7.1 Περιγραφή συσκευής Hologram Led Fan

Η συσκευή HologramLedFan, είναι ένα προϊόν της εταιρείας Kimu η οποία εδρεύει στην Κίνα και το συγκεκριμένο μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα φέρει τον αριθμό Z7. Η διάμετρός του είναι 50x50x85 εκατοστά ενώ ζυγίζει 0.7κιλά. Έχει τάση 100 με 240Volt και ισχύ 20W ενώ βαθμολογία ισχύος (power rating) 60W. Η συσκευή μπορεί επίσης να υποστηρίξει αρχεία MP4, MPEGAVI και RMVD. Σύμφωνα με την περιγραφή του προϊόντος, χρησιμοποιείται ως προτζέκτορας ολογραμμάτων (holographic projector).

Η συσκευή διαθέτει μία βάση, στο πίσω μέρος της οποίας υπάρχουν ειδικά ανοίγματα ώστε να μπορεί να σταθεροποιηθεί σε τοίχο, ενώ στο μπροστινό μέρος υπάρχουν τέσσερις έλικες οι οποίοι διαθέτουν από μια σειρά 724 Led φώτων. Στο εσωτερικό της βάσης, είναι διαθέσιμη μία κάρτα μνήμης με χωρητικότητα 16G η οποία είναι αποσπώμενη. Επιπλέον υπάρχει ένα καλώδιο σύνδεσης για πρίζα. Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά της συσκευής (Εικόνα 1.29) καθώς και όλα τα επιμέρους στοιχεία συναρμολόγησης (Εικόνα 1.30).



Εικόνα 1.30. Βασικά Χαρακτηριστικά της συσκευής Hologram Led Fan



Εικόνα 1.31. Υλικά Συναρμολόγησης Συσκευής

Κεφάλαιο 2: Η τεχνολογία ολογραμμάτων στην εκπαίδευση

2.1 Εισαγωγή

Η τεχνολογία των ολογραμμάτων (3DH) στον τομέα της εκπαίδευσης έχει αποκτήσει μεγάλο ενδιαφέρον στην εκπαιδευτική κοινότητα λόγω των πλεονεκτημάτων που προσφέρει στη διδασκαλία. Έχει εκφραστεί η άποψη πως η τεχνολογία αυτή έχει δημιουργήσει διαδοχικά νέες μορφές εκπαίδευσης (Kim & Lee, 2020). Η μάθηση μέσω της 3DH τεχνολογίας γίνεται διαδραστική καθώς δεν αναφέρεται μόνο στην απλή θέαση ενός βίντεο σε τρισδιάστατο ολόγραμμα, αλλά υπάρχει ταυτόχρονα πραγματική αλληλεπίδραση του μαθητή με το περιεχόμενο μάθησης (Khan et al., 2020). Εκατοντάδες διδακτικές πηγές-αντικείμενα, έχουν τη δυνατότητα να προβάλλονται σαν πραγματικά αντικείμενα μέσα στην τάξη και να παρέχουν ευκαιρίες αλληλεπίδρασης με τους μαθητές. Σύμφωνα με τον Lee (2013), η τεχνολογία των ολογραμμάτων ωφελεί επίσης και την κοινωνικοποίηση των μαθητών καθώς ένας μαθητής όσο παρακολουθεί ένα ολόγραμμα μπορεί να εκφράσει τη γνώμη του αλλά και τα όσα κατανοεί στην ομάδα της τάξης. Με αυτόν τον τρόπο, η ανταλλαγή γνώσεων και απόψεων μεταξύ των μαθητών δημιουργεί κοινωνικούς δεσμούς.

Έχει υποστηριχθεί επίσης ότι η τεχνολογία 3DH μπορεί να διεγείρει την περιέργεια, το ενδιαφέρον και τη διατήρηση της προσοχής παιδιών, καθώς για πρώτη φορά τα ολογραφικά αντικείμενα μπορούν να φαίνονται σαν να αιωρούνται στον ελεύθερο χώρο (Hoon & Shaharuddin, 2019). Σε αυτό το σημείο, αξίζει να επισημανθούν μελέτες, όπως αυτές του Lee (2013), οι οποίες εξηγούν πώς η εφαρμογή των ολογραμμάτων στην τάξη παρέχει τη δυνατότητα στους μαθητές να βρίσκονται σε ένα ελκυστικό περιβάλλον. Αυτό με τη σειρά του, τους επιτρέπει να έχουν μεγαλύτερη συγκέντρωση ενώ παράλληλα μπορούν να χτίσουν σταδιακά τη γνώση.

Ακόμη, μέσα από τις απλουστευμένες οπτικές πληροφορίες που παρέχουν τα ολογράμματα, διευκολύνουν τα παιδιά να κατανοήσουν ένα δύσκολο θέμα. Η πρόσληψη απλουστευμένων πληροφοριών ενισχύει σημαντικά τις ακαδημαϊκές επιδόσεις των παιδιών. Οι πληροφορίες που παρέχονται μέσω 3D είναι πιο απλές σε σχέση με τις 2D εικόνες των παραδοσιακών εργαλείων διδασκαλίας λόγω της μεγαλύτερης ρεαλιστικότητας που προφέρουν. Με αυτόν τον τρόπο, η 3DH τεχνολογία βοηθά τον δάσκαλο και τα παιδιά να έχουν πιο εύκολη πρόσβαση στο μαθησιακό περιεχόμενο (Hoon & Shaharuddin, 2019). Επιτρέπει στους μαθητές να μαθαίνουν μέσα από την ολιστική παρατήρηση των πληροφοριών που υπάρχουν ήδη στο κοινωνικό τους περιβάλλον και έτσι

μπορούν να αυξήσουν τις γνωστικές τους δεξιότητες (Kirkorian et al., 2008). Όπως έχουν δηλώσει και οι Ahmad et al. (2015), η 3DH τεχνολογία είναι νέα τεχνολογία στο χώρο της εκπαίδευσης και παρόλο που υπάρχουν μόνο λίγες μελέτες που έχουν διεξαχθεί, έχει μεγάλες δυνατότητες εφαρμογής στην εκπαίδευση και μπορεί να ενισχύσει τη διαδικασία μάθησης των παιδιών.

Σύμφωνα με την πρόσφατη έρευνα των Khan et al. (2020) σε μια προσπάθεια να ενθαρρύνουν την ένταξη των ολογραμμάτων στα σχολεία, κατέληξαν σε έξι βασικά πλεονεκτήματα των ολογραμμάτων για τους μαθητές. Αυτά είναι: α) οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να παρατηρούν ένα αντικείμενο σε τρεις διαστάσεις β) ένα ολόγραμμα μπορεί να προβληθεί σε 360° ολογραφική συσκευή επιτρέποντας με αυτόν τον τρόπο τους θεατές να περπατούν γύρω στο χώρο και να παρατηρούν ελεύθερα όλες τις πτυχές του αντικειμένου, γ) το ολόγραμμα εμπεριέχει την έννοια του βάθους καθώς και την αίσθηση του ρεαλιστικού και με αυτόν τον τρόπο διευκολύνει τη μαθησιακή διαδικασία, δ) τα ολογράμματα αποτελούν μια προσομοίωση της πραγματικότητας ε) τα ολογράμματα παρέχουν σημαντικές λεπτομέρειες για το αντικείμενο μελέτης και διευρύνουν την παρατηρητικότητα μας και στ) το να παρατηρεί κανείς εικόνες χρησιμοποιώντας ολογράμματα, μπορεί να τον αποτρέψει από την καταβολή μεγάλης προσπάθειας για να κατανοήσει το αντικείμενο.

Όπως υποστηρίζει η θεωρία πολυμεσικής μάθησης (multimedia learning theory), οι μαθητές μαθαίνουν περισσότερο όταν η πληροφορία παρουσιάζεται σε συνδυασμό εικόνων με λέξεις, παρά όταν παρουσιάζεται μόνο με λέξεις (γραπτές ή προφορικές). Συγκεκριμένα, η θεωρία υποστηρίζει ότι όσα περισσότερα αισθητηριακά κανάλια χρησιμοποιεί ένας μαθητής προκειμένου να προσλάβει μια συγκεκριμένη γνώση, τόσο πιο εύκολο θα είναι να την κατανοήσει σε βάθος και επομένως πιο αποτελεσματικά (Mayer, 2002). Έτσι, τα ολογραμμάτα στην εκπαίδευση ως ισχυρά οπτικά ερεθίσματα, ειδικά σε συνδυασμό με προσθήκη επεξηγηματικού κειμένου ή προφορικού λόγου υποστηρίζονται από την θεωρία πολυμεσικής μάθησης.

Από την άλλη, η θεωρία cognitive load υποστηρίζει αρχικά πως υπάρχει ένας περιορισμένος αριθμός πληροφοριών που ο άνθρωπος μπορεί να προσλάβει με μία μόνο φορά στην εργαζόμενη μνήμη του και κατ' επέκταση να κατανοήσει και να αφομοιώσει το περιεχόμενο της πληροφορίας. Αυτό συνεπάγεται ότι κατά τον σχεδιασμό μιας διδασκαλίας θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η παραπάνω τοποθέτηση έτσι ώστε να μην υπάρχει υπερφόρτωση της εργαζόμενης μνήμης (Paas et al., 2010). Γι' αυτό οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να δίνουν όσο το δυνατόν πιο εύκολα αντιληπτές πληροφορίες στους μαθητές χωρίς να προσπαθούν σε πολύ μεγάλο βαθμό για να κατανοήσουν το

περιεχόμενο. Έτσι, συνδυαστικά με την πολυμεσική θεωρία μάθησης, οι πληροφορίες που παρουσιάζονται με πολυμεσικούς τρόπους όπως εικόνα-κείμενο ή βίντεο ή εικόνα-προφορική λέξη, είναι πιο εύκολα κατανοητές και επομένως δεν υπερφορτώνεται η εργαζόμενη μνήμη από την έντονη προσπάθεια για κατανόηση. Γι' αυτό το λόγο, όπως προαναφέρθηκε, ένα βασικό πλεονέκτημα των ολογραμμάτων είναι ότι αποτρέπουν την καταβολή μεγάλη προσπάθειας και επομένως υποστηρίζονται και από τη θεωρία cognitive load.

Τέλος, φαίνεται πως εκπαιδευτικοί και μαθητές είναι ήδη θετικά προσκείμενοι απέναντι στη τεχνολογία των ολογραμμάτων. Τα ερευνητικά αποτελέσματα του Ghuloum (2010) φανερώνουν πως το 45.5% των εκπαιδευτικών, πιστεύουν πως η τεχνολογία των ολογραμμάτων θα μπορούσε να επηρεάσει το πεδίο της διδασκαλίας. Από την άλλη, οι περισσότεροι μαθητές αναζητούν νέους τρόπους για να μάθουν και αντιλαμβάνονται την τεχνολογία αυτή ως ένα νέο εργαλείο μάθησης, το οποίο μπορεί να βελτιώσει τη διαδικασία της μάθησης (Golden, 2017).

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα κυρίως πρόσφατων ερευνών σχετικά με την τεχνολογία της ολογραφίας σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Αρχικά, παρουσιάζονται οι έρευνες που έχουν βρεθεί στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, έπειτα στη δευτεροβάθμια και τέλος στην τριτοβάθμια εκπαίδευση. Επιπλέον, παρουσιάζονται σχετικές έρευνες στην ειδική αγωγή αλλά και την εξ' αποστάσεως εκπαίδευση. Μετά από την παρουσίαση των ερευνών στην εκπαίδευση παρουσιάζονται σχετικές έρευνες και σε άλλους επιστημονικούς κλάδους.

2.2 Τεχνολογία ολογραμμάτων στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση

Με βάση την βιβλιογραφία που μελετήθηκε, οι έρευνες που πραγματοποιήθηκαν στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση χρησιμοποιώντας τεχνολογία ολογραμμάτων είχαν θεματικές που σχετίζονταν με την ανάπτυξη των φυτών, το ηλιακό σύστημα και διάστημα γενικότερα καθώς και την ανάπτυξη οπτικοχωρικών δεξιοτήτων σε μαθησιακά αντικείμενα σχετικά με Φυσική, Τεχνολογία, Μηχανική και Μαθηματικά (STEM). Ακόμη, σε παιδιά προσχολικής ηλικίας πραγματοποιήθηκαν έρευνες σχετικά με την ανάπτυξη της πρώτης γραφής και ανάγνωσης, ενώ πραγματοποιήθηκε μια ακόμη έρευνα όπου ήρωας καρτούν σε μορφή ολογράμματος χρησιμοποιήθηκε ως βοηθός του εκπαιδευτικού. Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά οι έρευνες που μελετήθηκαν.

Στην έρευνα που πραγματοποίησαν οι Hoon et al. (2019), χρησιμοποίησαν 3DH τεχνολογία στην τάξη προκειμένου να μελετήσουν την αποτελεσματικότητά της σε μαθητές Α,Β και Γ δημοτικού διδάσκοντας τα στάδια ανάπτυξης των φυτών. Με βάση τα ερευνητικά αποτελέσματα η 3DH τεχνολογία συντέλεσε στην βελτίωση των μαθησιακών τους αποτελεσμάτων ενώ ταυτόχρονα επισημάνθηκε και η θετική αντίδραση των παιδιών σε ότι αφορά τον ενθουσιασμό και την προσοχή τους κατά τη διάρκεια της παρέμβασης. Όλα τα παραπάνω βοήθησαν στην μεγαλύτερη κατανόηση του μαθησιακού αντικειμένου από τους μαθητές υπογραμμίζοντας την αποτελεσματικότητα των ολογραμμάτων. Είναι αξιοσημείωτο ότι οι μαθητές ζήτησαν να δουν ξανά το κινούμενο ολόγραμμα όταν τελείωσε η προβολή του. Οι δάσκαλοι ήταν επίσης πολύ ενθουσιασμένοι και ήθελαν και οι ίδιοι να ξαναδούν το κινούμενο ολόγραμμα. Ήταν η πρώτη φορά γι' αυτούς να γνωρίζουν πώς να χρησιμοποιήσουν τεχνολογία ολογραμμάτων ως διδακτικό εργαλείο μέσα στην τάξη τους. Κατά τη διάρκεια των συνεντεύξεων, οι εκπαιδευτικοί δήλωσαν ότι η ένταξη των 3D ολογραμμάτων θα πρέπει να υποστηριχθεί από το εκπαιδευτικό σύστημα. Τέλος, ένα από τα πιο σημαντικά σημεία της συγκεκριμένης έρευνας είναι το γεγονός ότι οι μαθητές ζήτησαν να υπάρχει αυτό το είδος της τεχνολογίας στα δημοτικά σχολεία και να χρησιμοποιείται σε συγκεκριμένες δραστηριότητες όπου τα οπτικά, ακουστικά και κιναισθητικά ερεθίσματα θα ενεργοποιούνται από ρεαλιστικές αναπαραστάσεις που παρέχουν τα ολογράμματα.

Οι Faudi & Listyorini et al. (2018) σε μια προσπάθεια να διδάξουν το ηλιακό σύστημα, χρησιμοποίησαν ολογράμματα σε μορφή πυραμίδας. Τα αποτελέσματα έδειξαν αυξημένο ενθουσιασμό των χρηστών ενώ παράλληλα δήλωσαν πως υπήρξε ευκολία χρήσης της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Έτσι, διαπίστωσαν πως η τεχνολογία ολογραμμάτων έχει δυνατότητες θετικής επίδρασης στην προσοχή των μαθητών ενώ παράλληλα τους βοηθά να ξεπεράσουν τυχόν γνωστικές δυσκολίες. Θεματικές σχετικά με το διάστημα σε μαθητές δημοτικού έχουν διερευνηθεί και από τους Mnaathr & Basha (2013) στην Μαλαισία. Τα θέματα που προσεγγίστηκαν μέσω ολογραμμάτων πυραμίδας ήταν σχετικά με το διάστημα όπως ο ήλιος, η σελήνη και ο πλανήτης Γη. Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας έδειξαν ότι αυξήθηκαν οι ακαδημαϊκές γνώσεις των μαθητών ενώ τα οπτικά εφέ και η μάθηση μέσω 3D μοντέλων έδειξαν πως ενδυναμώνουν τα κίνητρα των μαθητών. Τα ευρήματα αυτά υποστηρίζονται και από τους Williams & Clement (2014) οι οποίοι υποστηρίζουν πως η δημιουργία μοντέλων οπτικοποιεί αυτές τις πληροφορίες που είναι ιδιαίτερα σημαντικές για την κατανόηση. Με αυτόν τον τρόπο είναι εφικτό ένας μαθητής να κατανοήσει καλύτερα μια πληροφορία όταν αυτή παρουσιάζεται σε μορφή μοντέλου.

Ιδιαίτερα σημαντικά είναι τα πρόσφατα ευρήματα των Kannellidou & Zacharia (2019) σχετικά με το ποιος τύπος οπτικοποίησης είναι αποτελεσματικότερος για την κατανόηση εννοιών σε μαθητές νηπιαγωγείου και δημοτικού. Ως τύποι οπτικοποίησης θεωρήθηκαν τα σκετς/ μη ρεαλιστικές εικόνες, κινούμενα σχέδια τύπου καρτούν, ρεαλιστικές 3D φωτογραφίες, τα βίντεο και τα ολογράμματα. Συγκεκριμένα, σύγκριναν τους στατικούς τύπους οπτικοποίησης (σκετς/εικόνες, φωτογραφίες) με τους τύπους οπτικοποίησης που εμπεριέχουν κίνηση (καρτούν/κινούμενα σχέδια, βίντεο και ολογράμματα) συνολικά σε 150 μαθητές σε σχολεία της Κύπρου. Οι μαθητές που συμμετείχαν στην έρευνα ήταν 75 προσχολικής αγωγής και 75 μαθητές της Δ' τάξης δημοτικού. Το γενικό συμπέρασμα της έρευνας έδειξε ότι οι τύποι οπτικοποίησης που ήταν πιο ωφέλιμοι για τους μαθητές ήταν αυτοί που εμπεριείχαν κίνηση. Αυτό που είναι αξιοσημείωτο είναι πως ο πιο αποτελεσματικός και παράλληλα πιο επιθυμητός τύπος οπτικοποίησης ήταν αυτός των ολογραμμάτων διότι εμπεριείχε πιο ακριβείς αναπαραστάσεις των αντικειμένων προς προβολή.

Το 2017, οι Roslan & Ahmad χρησιμοποίησαν για πρώτη φορά 3D μοντέλα για την ανάπτυξη οπτικοχωρικών δεξιοτήτων (3DSVST) σε μαθητές δημοτικού με τη χρήση ολογραμμάτων πυραμίδας. Αυτά τα μοντέλα χρησιμοποιήθηκαν ως βάση για την ανάπτυξη μιας εφαρμογής η οποία είχε σκοπό να αναπτύξει τις οπτικοχωρικές δεξιότητες 50 μαθητών Δ' τάξης Δημοτικού

διαφορετικών εθνικοτήτων όπως Κίνα, Μαλαισία και Ινδία. Οι μαθητές αξιολογήθηκαν με σταθμισμένα τεστ οπτικοχωρικών δεξιοτήτων πριν και μετά την έρευνα. Αρχικά, φάνηκε ότι μαθητές είχαν ανάγκη από βοήθεια προκειμένου να βελτιώσουν τις οπτικοχωρικές τους δεξιότητες οι οποίες είναι απαραίτητες σε μαθησιακά αντικείμενα που σχετίζονται με την Φυσική, Τεχνολογία, Μηχανική και Μαθηματικά (STEM). Μόλις όμως εκπαιδεύτηκαν σε δεξιότητες STEM με τη χρήση ολογραμμάτων, οι επιδόσεις τους στην οπτικοχωρική αντίληψη βελτιώθηκε αισθητά. Για το λόγο αυτό, οι ερευνητές κατέληξαν πως η χρήση των ολογραμμάτων μπορεί να αποτελέσει μια ουσιώδη λύση προκειμένου να αναπτύξουν οι μαθητές τις οπτικοχωρικές τους δεξιότητες και κατ' επέκταση τις δεξιότητες STEM.

Έρευνες με χρήση τεχνολογίας ολογραμμάτων έχουν διεξαχθεί επίσης και σε μαθητές προσχολικής ηλικίας. Η Monnin (2010) δημιούργησε ένα κινούμενο ολόγραμμα με τον χαρακτήρα cartoon “BugsBunny” προκειμένου να παρουσιαστεί ως βοηθός του εκπαιδευτικού εντός της τάξης του νηπιαγωγείου. Συγκεκριμένα, το ολόγραμμα με τη μορφή του “BugsBunny” βρισκόταν δίπλα από τον εκπαιδευτικό και βοηθούσε με την παρουσία του στη διεξαγωγή του μαθήματος. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές ενθουσιάστηκαν με αυτή τη διαδικασία ενώ παράλληλα αυξήθηκε η προσοχή τους στο μάθημα. Παρόμοια αποτελέσματα επιτεύχθηκαν σε μαθητές νηπιαγωγείου και από τους Barkhaya & Halim (2016) όπου χρησιμοποίησαν τεχνολογία ολογραμμάτων για να διδάξουν τα γράμματα στους μαθητές. Πιο ειδικά, προσπάθησαν να διδάξουν τα γράμματα ταυτίζοντάς τα με κάποιο ζώο όπου το όνομά του ξεκινά από το αντίστοιχο γράμμα. Κατά τη διάρκεια της έρευνας, τα ζώα αυτά παρουσιάστηκαν με τη μορφή ολογραμμάτων στους μαθητές όπου κέρδισαν το ενδιαφέρον τους και τον ενθουσιασμό τους ενώ παράλληλα αύξησαν τις επιδόσεις των μαθητών.

2.3 Τεχνολογία Ολογραμμάτων στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση πραγματοποιήθηκαν περισσότερες έρευνες σχετικά με την ολογραφία συγκριτικά με την Πρωτοβάθμια. Οι ερευνητές επικεντρώθηκαν σε μαθησιακά αντικείμενα που σχετίζονταν κυρίως με θέματα Φυσικής, Βιολογίας, Γεωμετρίας και Ιστορίας.

Η ολογραφική συσκευή 3D Holographic LED-Fan χρησιμοποιήθηκε μόλις πρόσφατα για πρώτη φορά από τους Ortega et al. (2020) σε μαθητές γυμνασίου στο Εκουαδόρ με σκοπό να χρησιμοποιηθεί στη διδασκαλία του μαθήματος της Βιολογίας και συγκεκριμένα τη διδασκαλία των εσωτερικών ανθρώπινων οργάνων. Ιδιαίτερα εντυπωσιακά ήταν τα αποτελέσματα καθώς πριν την εφαρμογή τη συσκευής, το 40% των μαθητών είχε δηλώσει πως θεωρεί το μάθημα της Βιολογίας βαρετό ενώ μετά την εφαρμογή της συσκευής όλοι οι μαθητές δήλωσαν πως το μάθημα έγινε ενδιαφέρον. Επίσης, πριν από την εφαρμογή της συσκευής μόλις το 3.3% των μαθητών θεωρούσε το μάθημα σημαντικό, ενώ με μετά την εφαρμογή το 63,3% έκρινε πως το μάθημα είναι σημαντικό.

Σχετικά με το γνωστικό αντικείμενο της Βιολογίας, ενδιαφέρον έχει και η έρευνα των Sul-ton & Prihatmoto (2020) όπου χρησιμοποίησαν ολογράμματα πυραμίδας για να διδάξουν σε μαθητές πρώτης γυμνασίου τη λειτουργία των ζωικών και φυτικών κυττάρων. Οι μαθητές εξέφρασαν τον ενθουσιασμό τους καθώς βρήκαν τα ολογράμματα πυραμίδας ενδιαφέροντα, διασκεδαστικά, χρήσιμα καθώς και καινοτόμα συμβάλλοντας στην εξέλιξη της εκπαιδευτικής τεχνολογίας. Οι Gafur et al. (2019) χρησιμοποίησαν ολογράμματα πυραμίδας σε συνδυασμό με άλλα μέσα μεικτής πραγματικότητας, σε μαθητές λυκείου στο μάθημα της Βιολογίας. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η μέθοδος αυτή η οποία εμπεριείχε τα ολογράμματα, βοήθησε τους μαθητές να ξεπεράσουν τις μαθησιακές τους δυσκολίες.

Οι Aris & Orcos (2019) σε μια προσπάθειά τους να κατανοήσουν οι μαθητές σε μεγαλύτερο βαθμό τον όγκο των γεωμετρικών σωμάτων, χρησιμοποίησαν ολογράμματα ως μέσω διδασκαλίας. Η έρευνα διεξήχθη σε 75 μαθητές Γ' γυμνασίου σε ένα κρατικά χρηματοδοτούμενο σχολείο της Μαδρίτης. Τα ολογράμματα έδειξαν να έχουν μεγάλη αποτελεσματικότητα και κρίθηκαν σημαντικά τόσο από τους εκπαιδευτικούς όσο και από τους μαθητές. Μάλιστα, οι ερευνητές υποστήριξαν πως τα ολογράμματα βοηθούν τους μαθητές να αναπτύξουν τις δεξιότητες STEM καθώς είναι αποτελεσματικά πάνω σε θεματικές μαθηματικών και φυσικής.

Ακόμη, τα αποκαλούμενα HISTOGRAM (History in Hologram) χρησιμοποιήθηκαν πρόσφατα σε μαθητές λυκείου από τον Aditia et al. (2020) όπου δόθηκε η ευκαιρία στους μαθητές να παρατηρήσουν σε μορφή ολογράμματος αρχαία τεχνουργήματα όπως ναοί και αγάλματα ενώ στη συνέχεια μπορούσαν να θέσουν σχετικές ερωτήσεις με τα όσα είδαν στον εκπαιδευτικό. Τα αποτελέσματα της έρευνας κατέδειξαν θετικά μαθησιακά αποτελέσματα.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η άποψη του Jeong καθώς έχει δηλώσει πως η ολογραφία ως γνωστικό αντικείμενο μάθησης είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση λόγω του χαμηλού κόστους, την απλότητα και το πλούσιο περιεχόμενο μάθησης που διαθέτει (2000). Εκτός των άλλων, η ολογραφία συμπεριλαμβάνει όλες τις βασικές φυσικές λειτουργίες/έννοιες στον τομέα της οπτικής και της φωτονικής, εμπεριέχοντας τη διάθλαση, την αντανάκλαση, την παρεμβολή, την περίθλαση και την πόλωση. Συγκεκριμένα, ο Jeong υποστηρίζει πως οι μαθητές γυμνασίου και λυκείου μπορούν να κατανοήσουν σε βάθος τις παραπάνω έννοιες κατασκευάζοντας τα δικά τους ολογράμματα ενώ παράλληλα μέσα από το περιεχόμενο των δικών τους ολογραμμάτων μπορούν να λάβουν σημαντικές πληροφορίες και για άλλα γνωστικά αντικείμενα.

2.4 Τεχνολογία ολογραμμάτων στην Τριτοβάθμια Εκπαίδευση

2.4.1 Τεχνολογία ολογραμμάτων στον Ιατρικό τομέα

Το NYU School of Medicine δημιούργησε το Bio Digital Human, ένα online 3D διαδραστικό ιατρικό πρόγραμμα οπτικοποίησης. Φορώντας 3D γυαλιά, οι μαθητές μπορούν να παρατηρήσουν και να εξερευνήσουν το ανθρώπινο σώμα σε εικονική μορφή. Στην έρευνα, αναπτύχθηκε η καρδιαγγιακή δομή της καρδιάς χρησιμοποιώντας τη μέθοδο 3D scanning μέσω των προγραμμάτων Echo Pixel True 3D και HoloPaint προκειμένου να χρησιμοποιηθούν σε μαθήματα ανατομίας σε φοιτητές ιατρικής. Σκοπός της έρευνας ήταν να διερευνηθεί το κατά πόσο η εκπαίδευση μέσω ολογραμμάτων μπορούσε να αυξήσει σημαντικά τα μαθησιακά αποτελέσματα των φοιτητών. Τα αποτελέσματα έδειξαν βελτίωση στις ακαδημαϊκές τους επιδόσεις των φοιτητών ενώ παράλληλα εξέφρασαν ότι τα ολογράμματα τους παρείχαν τη δυνατότητα να μάθουν σε ένα πιο αναβαθμισμένο επίπεδο. Παράλληλα, ήταν ευκολότερο να μάθουν μέσα από αυτή η διαδικασία παρά με τον τρόπο που ήδη μάθαιναν. Τα ευρήματα αυτά έχουν υποστηριχθεί και από άλλες έρευνες (Golden, 2017).

Σχετικά με τον τομέα της ανατομίας πραγματοποιήθηκε και η έρευνα των Hackett & Proctor (2018) όπου 179 φοιτητές νοσηλευτικής, συμμετείχαν σε μια μελέτη προκειμένου να αναδειχθεί η χρησιμότητα των ολογραμμάτων στην εκπαίδευση φοιτητών νοσηλευτικής. Συγκεκριμένα, οι φοιτητές χωρίστηκαν σε δύο γκρουπ όπου οι πρώτοι παρακολούθησαν το μάθημα ανατομίας με παραδοσιακό τρόπο, ενώ οι άλλοι παρακολούθησαν το μάθημα ανατομίας με τη χρήση ολογραμμάτων. Οι Chang & Lai (2018), εφάρμοσαν επίσης την τεχνολογία των ολογραμμάτων σε μάθημα ανατομίας σε φοιτητές νοσηλευτικής. Οι ερευνητές, αφού μελέτησαν τις εμπειρίες που αποκόμισαν οι φοιτητές από αυτή τη διαδικασία, βρήκαν πως υπάρχει μια θετική επιρροή των ολογραμμάτων προς τους φοιτητές ως προς τα κίνητρά τους για μάθηση.

Όπως αναφέρει ο Walker (2013) η ολογραφία αποτελεί την μοναδική τεχνική με την οποία μπορεί να γίνει πλήρης καταγραφή σε τρεις διαστάσεις ένα αντικείμενο και επιτρέπει στον μαθητή να παρατηρήσει εύκολα μια πραγματική εικόνα 3D. Τα ολογράμματα των ανθρώπινων οργάνων και άλλων όμως αντικειμένων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εκπαιδευτούν τόσο ενήλικες όσο και παιδιά σε απλά θέματα ανατομίας και υγείας καθώς επίσης έχουν τη δυνατότητα να βοηθήσουν φοιτητές ιατρικής και ιατρούς να χρησιμοποιήσουν τελευταίας τεχνολογίας χειρουργικές τεχνικές,

με καινοτόμα εργαλεία και περιβάλλοντα μάθησης. Για τους μαθητές όλων των ηλικιών ανεξαρτήτου εμπειρίας, τα συστήματα 3D βοηθούν στην εκπαιδευτική τους κατάρτιση. Παράλληλα, οι μαθητές εμπλέκονται ενεργά στη μαθησιακή διαδικασία μέσω των ολογραμμάτων και γι' αυτό οι επιστημονικές γνώσεις σχετικά με την υγεία γίνονται ουσιαστικές και ωφέλιμες (Walker, 2013).

Οι εικόνες που αποτυπώνονται στον εγκέφαλο μέσα από τα ολογράμματα με ιατρικό περιεχόμενο έχει υποστηριχθεί πως είναι πιο αποτελεσματικές από αυτές που δημιουργούν οι σημειώσεις βιβλίων λόγω της άμεσης μετάφρασης της πληροφορίας στην εργαζόμενη μνήμη. Πολλά θέματα ανατομίας είναι δύσκολα για τους φοιτητές στην επεξεργασία και την κατανόηση, όπως οι χωρικές σχέσεις μεταξύ των διαφόρων αιμοφόρων αγγείων, των βαλβίδων και των θαλάμων της καρδιάς. Τα ολογράμματα με ιατρικό περιεχόμενο παρέχουν επιπρόσθετα στοιχεία με 3D μορφή προκειμένου να γίνουν αντιληπτές αυτές οι σχέσεις όπως για παράδειγμα στοιχεία των αντικειμένων που σχετίζονται με το βάθος (Salvetti & Bertagni, 2016).

Άλλες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στον τομέα της ιατρικής στην τριτοβάθμια εκπαίδευση είναι των Vandenbosch et al. (2005), όπου οι φοιτητές ιατρικής παρακολούθησαν 3D ολογράμματα που σχετίζονται με τη μιτροειδή βαλβίδα της καρδιάς. Συγκεκριμένα, παρακολούθησαν πρώτα τη φυσιολογική λειτουργία της μιτροειδούς βαλβίδας και ύστερα διάφορα παθολογικά παραδείγματα δυσλειτουργίας της βαλβίδας. Η διαδικασία αυτή έδειξε να είναι χρήσιμη λόγω ευκολίας στην εφαρμογή της, ενώ παράλληλα κρίθηκε χρήσιμη και στην κλινική πράξη από τους φοιτητές.

Στον τομέα της εκπαίδευσης στη νευροχειρουργική ο Robin (2013) χρησιμοποίησε ένα παλμικό ολόγραμμα εγκεφάλου μετατρέποντας τα βιοϊατρικά δεδομένα του εγκεφάλου σε τρισδιάστατη εικόνα. Εκεί, μελετήθηκε η ικανοποίηση των ασθενών όταν σε μια προγραμματισμένη διαδικασία οι εκπαιδευόμενοι ιατροί χρησιμοποιούσαν τα ολογράμματα για να εξηγήσουν στον ασθενή σημαντικές πληροφορίες σχετικά με το χειρουργείο που πρόκειται να υποβληθούν. Οι ασθενείς έδειξαν ικανοποιημένοι από την τη διαδικασία αυτή. Επιπλέον, φοιτητές φαρμακολογίας παρακολούθησαν μέσω ολογραμμάτων μια αναπαράσταση της επίδρασης των φαρμάκων στα εσωτερικά όργανα του ανθρώπινου σώματος (Freeman, 2010). Η διαδικασία αυτή, βοήθησε τους φοιτητές να κατανοήσουν τη λειτουργία των φαρμάκων στο ανθρώπινο σώμα.

2.4.2 Τεχνολογία ολογραμμάτων στον Τομέα Μηχανικής

Τα ολογράμματα έχουν χρησιμοποιεί και στον τομέα της μηχανικής στην τριτοβάθμια εκπαίδευση. Το 2013 ο Upadhye στον τομέα της μηχανικής εκπαίδευσης και συγκεκριμένα στη γραφιστική και των σχεδιασμό, χρησιμοποίησε ολογράμματα στους φοιτητές προκειμένου να διερευνήσει κατά πόσο είχαν θετική επίδραση στη κατανόηση τους. Τα αποτελέσματα τελικά έδειξαν ότι υπήρχε φανερή αύξηση στη κατανόηση του θέματος από του φοιτητές. Σε παρόμοια έρευνα βρέθηκαν αντίστοιχα αποτελέσματα όπου οι φοιτητές βρήκαν ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα τη χρήση ολογραμμάτων καθώς μπορούσαν να εξετάσουν το αντικείμενο από κάθε πλευρά και οπτική γωνία (Sundeep, 2013).

Ακόμη, ο Aina (2010) διεξήγαγε έρευνα σχετικά με την αστροναυτική μηχανική όπου παρουσίασε σε μορφή ολογράμματος ένα μεγάλο μηχάνημα στους εκπαιδευόμενους το οποίο δεν ήταν εφικτό να υπάρχει σε αίθουσα διδασκαλίας. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό ορισμένες φορές να υπάρχει το αυθεντικό αντικείμενο μάθησης, όταν για παράδειγμα πρόκειται να διδαχθεί η λειτουργία ενός κινητήρα καύσης. Όμως, αυτό σε ορισμένες περιπτώσεις δεν είναι εφικτό καθώς είναι πολύ δύσκολο να μεταφερθούν ή ακόμα και να βρεθούν βαριά αντικείμενα εντός της τάξης, τα οποία όμως θα βοηθούσαν να εξηγηθούν αναλυτικά ουσιαστικές πληροφορίες του αντικειμένου. Στην έρευνα του Aina τα ολογράμματα βοήθησαν να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα ενώ οι εκπαιδευόμενοι έκριναν πως η διαδικασία ήταν πολύ ενδιαφέρουσα καθώς μπορούσαν να εξετάσουν κάθε γωνία του αντικειμένου. Τα ολογράμματα στην εκπαίδευση έχουν χρησιμοποιηθεί επίσης και στον τομέα της φωτο-οπτικής (Khan, 2013).

Οι Tayeh & Issa (2020) διερεύνησαν τα οφέλη της 3DH σε φοιτητές πολιτικούς μηχανικούς. Συγκεκριμένα, διερεύνησαν το κατά πόσο βοηθά η 3DH τους φοιτητές σε θέματα κατασκευής κτηρίων και λήψης σημαντικών αποφάσεων. Παράλληλα, προσπάθησαν να εξετάσουν αν και κατά πόσο η χρήση των ολογραμμάτων βοηθά τους συγκεκριμένους φοιτητές να αναπτύξουν τις οπτικοχωρικές τους δεξιότητες. Τα αποτελέσματα της έρευνας ήταν θετικά ως προς τη χρήση ολογραμμάτων σε όλους τους τομείς διερεύνησης.

2.4.3 Τεχνολογία ολογραμμάτων στον Τομέα Φυσικής/Μαθηματικών

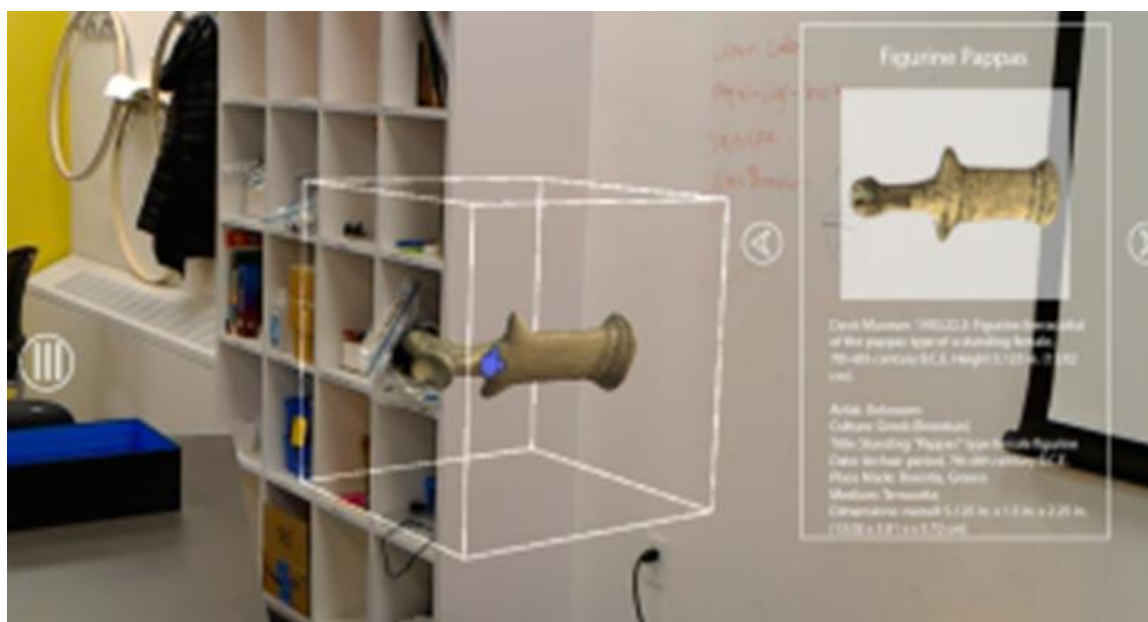
Φοιτητές ως υποψήφιοι εκπαιδευτικοί στο μάθημα της φυσικής συμμετείχαν στην έρευνα των Okulu & Unver (2016). Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν ολογράμματα πυραμίδας προκειμένου οι φοιτητές να διδαχθούν βασικές αρχές αστρονομίας. Οι τρισδιάστατες δομές των ουράνιων σωμάτων και το γεγονός ότι οι άνθρωποι κάνουν παρατηρήσεις για το σύμπαν μόνο από την οπτική γωνία που έχουν στη Γη, καθιστούν δύσκολη την κατανόηση των εννοιών της αστρονομίας. Οι βασικές έννοιες της αστρονομίας όπως τα σχήματα, τα μεγέθη, οι αποστάσεις και η ουράνια κίνηση, περιέχουν ικανότητα της χωρικής αντίληψης. Όπως υποστηρίζουν οι ερευνητές, οι μαθητές που δεν διαθέτουν ικανότητα χωρικής αντίληψης έχουν δυσκολίες να συγκροτήσουν αυτές τις έννοιες στο μυαλό τους. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι γνώσεις των φοιτητών για την αστρονομία αυξήθηκαν ενώ παράλληλα άρχισαν να αναπτύσσουν ικανότητες χωρικής αντίληψης μέσω των κινούμενων και τρισδιάστατο μοντέλων βοηθώντας τους να αντιληφθούν το φαινόμενο του βάθους στο σύμπαν.

2.4.4 Τεχνολογία ολογραμμάτων στον Τομέα της Αρχαιολογίας

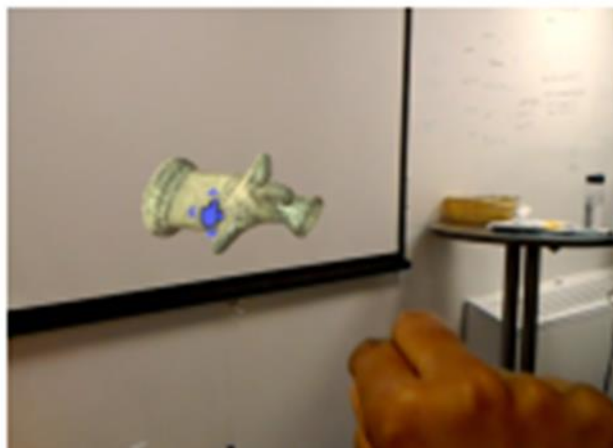
Οι Jurmain et al. (2008) στην αρχαιολογική έρευνα που πραγματοποίησαν χρησιμοποίησαν ολογράμματα στα οποία παρουσιάστηκαν σπάνια και σημαντικής αξίας αρχαιολογικά αντικείμενα σε φοιτητές αρχαιολογίας. Οι φοιτητές είχαν τη δυνατότητα να επεξεργαστούν και να παρατηρήσουν σε βάθος τα αντικείμενα τα οποία δεν είχαν στη διάθεσή τους στην αυθεντική τους μορφή και υπόσταση. Ακόμη, οι ερευνητές κρίνουν πως με αυτόν τον τρόπο, τα αρχαιολογικά αντικείμενα προστατεύονται και αποτρέπεται η επιπλέον καταστροφή τους σε πολλές περιπτώσεις εφόσον τα αντικείμενα ούτε μετακινούνται από τον φυσικό χώρο τους η τον χώρο που έχουν τοποθετηθεί ούτε τα ακουμπά ή τα φωτογραφίζει κανείς, κάτι που μπορεί να αλλοιώσει τα χαρακτηριστικά τους.

Μια αξιοσημείωτη έρευνα που πραγματοποιήθηκε ακόμη σε σχέση με την αρχαιολογία είναι η έρευνα των Pollalis & Shaer (2017). Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν την εφαρμογή HoloMuse για να σχεδιάσουν ολογράμματα, γνωστά με την ονομασία HoloLens. Παράλληλα, HoloLens ονομάζεται και η συσκευή μέσω της οποίας οι φοιτητές μπορούσαν να αποκτήσουν πρόσβαση σε

σημαντικά αρχαιολογικά ευρήματα που βρίσκονται σε διάφορα μουσεία παγκοσμίως και που σε διαφορετική περίπτωση κάτι τέτοιο δεν θα ήταν εφικτό. Μέσω της συσκευής αυτής οι χρήστες μπορούν να σηκώσουν, να περιστρέψουν και να κλιμακώσουν ολόγραμμα ένα ολόγραμμα αρχαιολογικού αντικειμένου χρησιμοποιώντας χειρονομίες στον αέρα. Οι χρήστες μπορούν επίσης να προσαρμόσουν ένα υπάρχον ολόγραμμα επιλέγοντάς το από μια εικονική γκαλερί και τοποθετώντας το στον φυσικό κόσμο, ώστε να είναι ορατά μόνο με τη χρήση της συσκευής. Οι ερευνητές πιστεύουν ότι η επίδραση του HoloMuse στη μάθηση θα είναι αρκετά θετική ειδικά σε φοιτητές ιστορίας της τέχνης και αρχαιολογίας όμως το θέμα χρειάζεται περισσότερη διερεύνηση.



Εικόνα 2.1. Ο χρήστης επιζητά περισσότερες πληροφορίες για το άγαλμα (Pollalis & Shaer, 2017)



Εικόνα 2.2. Ο χρήστης χρησιμοποιεί κινήσεις με τα χέρια του στον αέρα για να περιστρέψει το ολογραφικό αντικείμενο (Pollalis & Shaer, 2017)

2.4.5 Τεχνολογία ολογραμμάτων στον Τομέα εμπορίας και διαφήμισης

Μια ακόμη έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, αφορά τον τομέα της διαφήμισης και συγκεκριμένα σε μαθήματα «Business training». Συγκεκριμένα, στην έρευνα χρησιμοποιήθηκαν ολογράμματα προκειμένου οι φοιτητές να αναπτύξουν δεξιότητες προώθησης προϊόντων και τα αποτελέσματα της έρευνας ήταν θετικά ως προς τη χρήση των ολογραμμάτων (Abin, 2013).

2.4.6 Τεχνολογία ολογραμμάτων στην Εξ' αποστάσεως εκπαίδευση

Τα τελευταία χρόνια, ειδικά κατά την περίοδο της πανδημίας, υπάρχει ένα μαζικό κύμα στην εκπαίδευση να ξεπεράσει τα όρια και τη δέσμευση του χώρου. Συχνά όμως υπάρχει το ζήτημα σχετικά με το πόσο αλληλεπιδραστική μπορεί να είναι η μάθηση όταν δεν υπάρχει η φυσική ύπαρξη των προσώπων και πολλές φορές των αντικειμένων μάθησης (Paredes & Vazques, 2019). Οι Pradeep et al. (2016), μέσα από τα αποτελέσματα της έρευνας που διεξήγαγαν, υποστηρίζουν ότι τα ολογράμματα μπορούν να αυξήσουν την αλληλεπίδραση στην εξ' αποστάσεως εκπαίδευση και να

ενισχύσουν τις επαγγελματικές δεξιότητες των φοιτητών επιτυγχάνοντας το μέγιστο δυνατό όφελος γι' αυτούς.

Μια άλλη πρόσφατη και καινοτόμα έρευνα διεξήχθη από τους Paredes & Vazques (2019) καθώς χρησιμοποιήθηκε σε ζωντανό χρόνο το ολόγραμμα ενός εκπαιδευτικού προκειμένου να διδάξει σε πρωτοετείς φοιτητές μηχανικής. Το ολόγραμμα του εκπαιδευτικού βρισκόταν εντός της τάξης με τη φυσική παρουσία μόνο των μαθητών. Από την άλλη η φυσική παρουσία του εκπαιδευτικού βρισκόταν σε απόσταση, εκτός πλαισίου τάξης. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι είναι σημαντική η κοινωνική παρουσία του εκπαιδευτικού όταν διδάσκει είναι σημαντική και επηρεάζει σε ένα βαθμό την απόδοση των μαθητών, όμως το θέμα αυτό χρήζει περισσότερης διερεύνησης.

2.6 Τεχνολογία ολογραμμάτων στην Ειδική αγωγή

Στον τομέα της ειδικής αγωγής, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η έρευνα των Adamo & Anasingaraju (2017) στην οποία σχεδίασαν και χρησιμοποίησαν 3D κινούμενα άβαταρ τα οποία είχαν τη δυνατότητα να μεταφράσουν την Αγγλική προφορική γλώσσα σε Αγγλική Νοηματική. Οι εικονικοί διερμηνείς νοηματικής γλώσσας εμφανίζονταν ως τρισδιάστατα ολογράμματα σε περιβάλλον μικτής πραγματικότητας και μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στην τάξη για να μεταφράσουν σε πραγματικό χρόνο: 1) τα μαθήματα μαθηματικών που παραδίδονται από τον δάσκαλο, 2) στο σπίτι για να διευκολύνουν την επικοινωνία μεταξύ ακουόντων γονέων και κωφών παιδιών και 3) στο σπίτι ή στο εργαστήριο όταν τα παιδιά αλληλεπιδρούν με ψηφιακό εκπαιδευτικό υλικό μαθηματικών. Με βάση τα δεδομένα που προέκυψαν από κωφούς μαθητές, γονείς και εκπαιδευτικούς υποστηρίζεται τη χρηστικότητα και τη χρησιμότητα των ολογραφικών διερμηνέων.

Παρόλο που δεν έχει διερευνηθεί η αποτελεσματικότητα της χρήσης ολογραμμάτων στην ειδική αγωγή, έχει υποστηριχθεί πως παιχνίδια που εμπεριέχουν εικονικές αναπαραστάσεις του αλφαβήτου μέσω της ολογραφίας, θα βοηθούσαν τους μαθητές να αποκτήσουν τις απαιτούμενες δεξιότητες εμπλεκοντάς τους σωματικά στη διαδικασία της μάθησης με αποτέλεσμα την

ενεργοποίηση των αδρών κινητικών τους δεξιοτήτων (Tsiampa & Skolariki, 2018). Μέσω της τεχνολογίας των ολογραμμάτων θα είναι πιο εύκολο να αντιληφθούν το νόημα και την αναπαράσταση των συμβόλων. Με αυτόν τον τρόπο είναι αρκετά πιθανό να επιτευχθεί συγχρονισμός μεταξύ των εγκεφαλικών κυμάτων και που ενεργοποιούν τη μακροπρόθεσμη ενίσχυση (LTP). Έτσι, επιτυγχάνεται η εδραίωση της μνήμης η οποία με τη σειρά της συμβάλει στη συναπτική πλαστικότητα του εγκεφάλου (Born & Rasch, 2013).. Με άλλα λόγια, οι μαθητές με δυσκολίες μάθησης, μέσω των ολογραμμάτων είναι πιθανό να κατακτήσουν πιο εύκολα και σε βάθος ορισμένες πληροφορίες όπου σε άλλες περιπτώσεις μετά από ένα εύλογο χρονικό διάστημα είναι πολύ πιθανόν να χαθούν.

2.7 Η χρήση των ολογραμμάτων σε διάφορους επιστημονικούς κλάδους

Τα ολογράμματα, πέρα από την εκπαίδευση φαίνεται να έχουν χρησιμοποιεί και σε άλλους κλάδους για διάφορους σκοπούς για διάφορους σκοπούς. Για παράδειγμα, οι Yong et al. (2012) χρησιμοποίησαν τεχνολογία ολογραμμάτων στην έρευνά τους για τη διασφάλιση των πνευματικών δικαιωμάτων και την ψηφιακή προστασία προκειμένου να συγκρίνουν παραδοσιακές τεχνικές υδατογραφημάτων (watermark) με νέες που χρησιμοποιούν ολογραφική τεχνολογία. Οι Arguano et al. (2017) χρησιμοποίησαν HoloLens σε μια προσπάθειά τους να σχεδιάσουν ένα θεραπευτικό πρόγραμμα σε ανθρώπους με Alzheimer. Συγκεκριμένα, σε συνεργασία με ειδικούς νευρολόγους, προσπάθησαν να χρησιμοποιήσουν ολογράμματα προκειμένου να ενεργοποιήσουν την βραχύχρονη και χωρική μνήμη των ασθενών.

Τα ολογράμματα έχουν χρησιμοποιηθεί επίσης ευρέως και στον τομέα της διαφήμισης (Bayon et al., 2003, Ryu & Lee, 2016, Thange et al., 2016, Shoydin et al., 2017). Για παράδειγμα, ο Shoydin (2017) χρησιμοποίησε ολογράμματα Denisjuk προκειμένου να εξετάσει την αποτελεσματικότητά τους στις πωλήσεις προϊόντων. Ωπως υποστήριξε ο ερευνητής, τα ολογράμματα ως μέσα διαφήμισης μπορούν να μεταδώσουν αποτελεσματικά τα απαραίτητα μηνύματα στους καταναλωτές. Επίσης, οι Ramile et al. (2016) διεξήγαγαν μια έρευνα με 100 διαφημιστές σχετικά με το ρόλο του 2D και 3D στη διαφήμιση. Η πλειοψηφία των διαφημιστών συμφώνησε ότι τα ολογράμματα βοηθούν στην απομνημόνευση των διαφημιστικών μηνυμάτων από

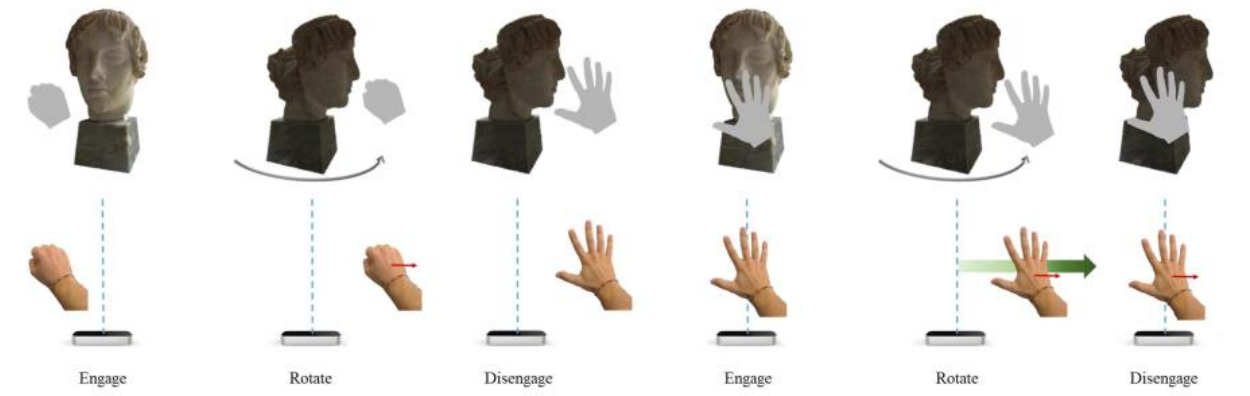
τους καταναλωτές και μπορούν να ανακαλέσουν τα προϊόντα στη μνήμη τους αυξάνοντας έτσι την αποτελεσματικότητα της διαφήμισης.

Η Wojcik (2017) ανέδειξε τη χρησιμότητα των ολογραμμάτων σε μουσεία και βιβλιοθήκες. Βασισμένη στα αποτελέσματα της έρευνας, υποστήριξε πως η χρήση των ολογραμμάτων σε μουσεία και βιβλιοθήκες έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν πολλά οφέλη ιδίως σε ό,τι αφορά την ψηφιακή κληρονομιά, όμως υποστήριξε πως χρειάζονται περισσότερες έρευνες για να διερευνήσουν την αποτελεσματικότητα της χρήσης τους. Οι Marulli & Vallifuoco (2017) χρησιμοποίησαν το σύστημα παραγωγής ολογραμμάτων HOPLA (Holographic Projections for Living Art) προκειμένου να δημιουργήσουν αλληλεπιδραστικά ολογράμματα στο χώρο του Ιταλικού μουσείου Sannio Caudino. Μέσω του συστήματος αυτού είναι εφικτό τα ολογράμματα να εμφανίζονται με κίνηση και φωνή ενώ υπάρχουν εγκατεστημένες λειτουργίες με τις οποίες μπορεί να πραγματοποιηθεί διάλογος μεταξύ του επισκέπτη και του ολογράμματος. Με αυτόν τον τρόπο οι ερευνητές ήθελαν να αυξήσουν την διασκέδαση, την αλληλεπίδραση και να επηρεάσουν θετικά τη συνολική εμπειρία των επισκεπτών στο μουσείο. Αρχαία ελληνικά βάζα και αγγεία χρησιμοποιήθηκαν όπου δίπλα τους φαίνεται να στέκεται μια αρχαία ελληνική ολογραφική φιγούρα η οποία αλληλεπιδρά με το κοινό και το πληροφορεί αντίστοιχα για τα αντικείμενα όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.3.



Εικόνα 2.3. Παράδειγμα ολογράμματος που αλληλεπιδρά με τους επισκέπτες (Marulli & Vallifuoco (2017))

Οι Caggianese et al. (2017) χρησιμοποίησαν επίσης αρχαία ελληνικά αντικείμενα προκειμένου να δημιουργήσουν ολογράμματα πυραμίδας τα οποία θα προβάλλονταν σε μουσείο. Συγκεκριμένα οι ερευνητές χρησιμοποίησαν το ολόγραμμα του κεφαλιού του Απόλλωνα και παρείχαν τη δυνατότητα στους χρήστες να αλληλεπιδράσουν μαζί τους με έναν ιδιαίτερο τρόπο. Οι χρήστες είχαν τη δυνατότητα με τις κινήσεις των χεριών τους να περιστρέψουν το ολόγραμμα και να το επεξεργαστούν καθώς είχαν χρησιμοποιήσει και άλλες τεχνολογίες οι οποίες συμπεριλάμβαναν κιναισθητήρες όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.4. Σκοπός της έρευνας ήταν να εμπλουτίσουν την παροχή πληροφοριών στους επισκέπτες οι οποίοι συχνά δεν έχουν τη δυνατότητα να λάβουν εξατομικευμένες πληροφορίες ενώ παράλληλα επιδίωξαν να εξατομικεύσουν με αυτόν τον τρόπο τη γνώση και να βάλουν τους επισκέπτες σε ένα πλαίσιο εξερεύνησης και ανακάλυψης πληροφοριών που σχετίζονται και την πολιτισμική κληρονομιά.



Εικόνα 2.4. Διαδικασία περιστροφής ολογραφικού αντικειμένου (Caggianese et al.,2017).



Εικόνα 2.5. Τεχνούργημα πολιτισμικής κληρονομιάς: Στην αριστερή μεριά προβάλλεται το αυθεντικό αντικείμενο, στη μέση το 3D μοντέλο του αντικειμένου και δεξιά η ολογραφική προβολή του (Caggianese et al.,2017).

Σε μια άλλη έρευνα σχετικά με την διάχυση της πολιτισμικής κληρονομιάς με ψηφιακό τρόπο, οι ερευνητές μετέτρεψαν μια γνώστη Σαρκοφάγο με την ονομασία “Sarcophagus of the Spouses” σε ολόγραμμα το οποίο τοποθετήθηκε σε μουσείο στη Ρώμη. Η αυθεντική σαρκοφάγος βρίσκεται στο μουσείο του Λούβρου και αφού μετατράπηκε η μορφή της πρώτα σε 3d μοντέλο, πραγματοποιήθηκαν επιπλέον διαδικασίες ώστε να μπορέσει να προβληθεί ως ολόγραμμα. Ταυτόχρονα με την προβολή του ολογράμματος υπήρχε και ψηφιακή αφήγηση με πληροφορίες σχετικά με τη σαρκοφάγο, δίνοντας την ευκαιρία στους επισκέπτες να αποκτήσουν μια πολυαισθητηριακή εμπειρία. Μέσα από αυτή τη διαδικασία επιτυγχάνεται η αύξηση της περιέργειας και του ενδιαφέροντος των χρηστών για πληροφόρηση ενώ παράλληλα υπάρχει η δυνατότητα συναισθηματικής εμπλοκής των επισκεπτών. Διεγείρεται η περιέργειά τους πέρα από την εικόνα που παρατηρούν δίνοντας τη δυνατότητα να εξερευνήσουν την ιστορία, πίσω και γύρω από αυτήν, παρακινώντας τους να μαθαίνουν. Με τον τρόπο αυτό παρέχονται βαθύτεροι τρόποι αντίληψης των αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς (Guidazzoli et al. 2015).

Σύμφωνα με τους Reunanen et al. (2015) η ψηφιακή πολιτισμική κληρονομιά περιγράφει όλα τα αντικείμενα της πολιτισμικής κληρονομιάς που είτε έχουν δημιουργηθεί είτε έχουν μετατραπεί σε μορφή ψηφιακών μέσων. Ο όρος αναφέρεται επίσης σε νέες εφαρμογές που κάνουν χρήση ψηφιακών μέσων και εργαλεία επεξεργασίας πληροφοριών που επιτρέπουν νέους τρόπους προβολής αλλά και διοχέτευσης τεχνουργημάτων της πολιτιστικής κληρονομιάς.



Εικόνα 2.6. Το ολόγραμμα της σαρκοφάγου σε ολόγραμμα πυραμίδας (Guidazzoli et al. 2015)

3. Μεθοδολογία και σχεδιασμός της Έρευνας

3.1 Εισαγωγή- Ερευνητική Μέθοδος

Ο βασικός σκοπός στην παρούσα επιστημονική έρευνα, ήταν να διερευνηθεί ο βαθμός τον οποίο η ολογραφική συσκευή Hologram Led Fan επιφέρει καλύτερα ή όχι μαθησιακά αποτελέσματα συγκριτικά με την πιο συμβατική συσκευή, αυτή του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Η συσκευή Hologram Led Fan (HLF) χρησιμοποιήθηκε για να παρουσιάσει στους μαθητές 3D βίντεο με ολογραφική μορφή που σχετίζονται με τον Αρχαίο Ελληνικό και Αρχαίο Αιγυπτιακό πολιτισμό. Το συγκεκριμένο υλικό που χρησιμοποιήθηκε αποτελεί ψηφιακό περιεχόμενο πολιτισμικής κληρονομιάς το οποίο εμπλουτίστηκε με πληροφορίες προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Τα ίδια ακριβώς 3D βίντεο, παρουσιάστηκαν στους μαθητές μέσω της χρήσης του ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε για τις παρεμβάσεις της πειραματικής ομάδας ήταν: 1) τα 3D κινούμενα βίντεο όπου συνολικά ήταν 12, 4 για κάθε παρέμβαση, 2) η συσκευή Hologram Led Fan 3) κινητό τηλέφωνο για τη ρύθμιση της σειράς των βίντεο, 4) εφαρμογή 3D Led Fan για τη σύνδεση της συσκευής με το κινητό τηλέφωνο 5) φορητό ρούτερ για σύνδεση στο διαδίκτυο 6) βάση στηρίγματος συσκευής 7) έντυπο υλικό-φύλλο αξιολόγησης και 8) στυλό για τη διαδικασία των απαντήσεων. Παρακάτω παρουσιάζεται η διαδικασία σύνδεσης του κινητού τηλεφώνου με τη συσκευή.

Η ποσοτική πειραματική μελέτη μεταξύ των υποκειμένων (between subjects) αποτέλεσε την ερευνητική μέθοδο που ακολουθήθηκε. Συγκεκριμένα, ελέγχθηκε η αποτελεσματικότητα δύο μέσων διδασκαλίας σε δύο διαφορετικές ομάδες. Η πρώτη ομάδα η οποία αποτέλεσε την ομάδα ελέγχου, παρακολούθησε τα 3D βίντεο μέσω του Η/Υ. Η δεύτερη ομάδα η οποία αποτέλεσε την πειραματική ομάδα, παρακολούθησε τα ίδια 3d βίντεο μέσω της συσκευής HLF. Δημιουργήθηκαν τρεις παρεμβάσεις, η κάθε μία από τις οποίες εμπεριείχε τέσσερα βίντεο και αποτελούσε μια ξεχωριστή ενότητα του Αρχαίου Ελληνικού και Αρχαίου Αιγυπτιακού πολιτισμού. Σε κάθε ενότητα υπήρχαν δύο βίντεο σχετικά με τον Αρχαίο Ελληνικό πολιτισμό και δύο αντίστοιχα θεματικά βίντεο του Αρχαίου Αιγυπτιακού πολιτισμού. Οι τρεις ενότητες ήταν οι εξής: Αρχαία αγάλματα, Αρχαία Αγγεία και Αρχαία Μνημεία.

Τα βίντεο παρουσιάστηκαν στον αυθεντικό χώρο διδασκαλίας των μαθητών, δηλαδή εντός τάξης. Έγινε προσπάθεια να ολοκληρωθεί η διαδικασία προβολής με κατάλληλη πρόσβαση όλων των μαθητών στην οθόνη. Για να φανούν εντελώς καθαρά οι πληροφορίες και να παρέχουν την αίσθηση αντικειμένων που αιωρούνται στον αέρα, θα έπρεπε να υπάρχει και αντίστοιχο μαύρο φόντο στον τοίχο της τάξης, όπως πχ μαύρο πανί, κάτι το οποίο δεν ήταν εφικτό να συμβεί στις συγκεκριμένες τάξεις που έγινε η προβολή.

3.2 Ερευνητικά ερωτήματα

Όπως υποστηρίζει και οι Kirkorian et al., (2008), η οπτικοποίηση της πληροφορίας είναι σημαντική για την ανάπτυξη των δεξιοτήτων προσοχής στα παιδιά με σκοπό να κατανοήσουν το μάθημα. Προκειμένου να γίνει επεξήγηση μιας δύσκολης έννοιας, ενός κειμένου, πινάκων ή διαγραμμάτων, η οπτικοποίηση τη πληροφορίας αποτελεί τον κατάλληλο τρόπο για να μετατρέψει όλες αυτές τις πληροφορίες από δύσκολες σε πιο απλές.

Τα ολογράμματα αποτελούν μια τεχνολογία η οποία είναι βασισμένη στην οπτικοποίηση των πληροφοριών. Σε αντίθεση με παραδοσιακές συμβατικές τεχνολογίες, τα 3D ολογράμματα (3DH) μπορούν να δημιουργήσουν στους χρήστες πιο έντονες εμπειρίες οι οποίες είναι ταυτόχρονα ενσωματωμένες στο πραγματικό τους περιβάλλον. Αυτή η τεχνολογία, επιτρέπει στους μαθητές να μάθουν μέσα από την παρατήρηση των πληροφοριών στο κοινωνικό τους περιβάλλον και να αυξήσει τις γνωστικές τους δεξιότητες μάθησης. Παρόλο που υπάρχουν μόνο λίγες έρευνες με 3DH που να έχουν διεξαχθεί στον τομέα της εκπαίδευσης, αυτή η νέα τεχνολογία έχει μεγάλες προσδοκίες σε ότι αφορά την εφαρμογή της στην εκπαίδευση και να ενισχύσει τα κίνητρα των μαθητών και την μαθησιακή διαδικασία (Loh & Shaharuddin, 2019).

Όπως υποστηρίζουν οι Sloman και Fernbach (2009), η προβολή μέσω 3DH είναι κατάλληλη για να διδαχθούν σε μαθητές επιστημονικά θέματα όπως, αστρονομικά φαινόμενα, δομή και ανάπτυξη του ανθρώπινου σώματος, των ζώων και των φυτών και ό,τι εμπεριέχει έντονες οπτικές πληροφορίες οι οποίες είναι σημαντικές για την κατάκτηση της γνώσης. Η 3DH τεχνολογία μπορεί να αυξήσει την περιέργεια, το ενδιαφέρον και να διατηρήσει την εμπλοκή των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία μετατρέποντας τα αντικείμενα να φαίνονται πως αιωρούνται στον ελεύθερο

αέρα. Παράλληλα, όπως έχει ήδη αναφερθεί μετατρέπει τις πληροφορίες από δύσκολες σε πιο απλές μορφές μέσω της διαδικασίας της οπτικοποίησης.

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, προέκυψαν οι Ερευνητικές Υποθέσεις στα οποία κληθήκαμε να δώσουμε απαντήσεις στην παρούσα έρευνα. Οι Ερευνητικές Υποθέσεις (ΕΥ) που τέθηκαν είναι τα εξής:

Ερευνητικές Υποθέσεις:

ΕΥ1: Οι μαθητές ανταποκρίνονται αποτελεσματικότερα όταν οι πληροφορίες τους παρουσιάζονται μέσω της HLF συσκευής από ότι όταν τους παρουσιάζονται μέσω του Η/Υ.

ΕΥ2: Οι εντυπώσεις και οι απόψεις των μαθητών για τη συσκευή HLF είναι καλύτερες σε ότι αφορά: α) την προσωπική ευχαρίστηση που τους πρόσφερε, β) το βαθμό αποτελεσματικότητας στη μάθηση και γ) την αύξηση των κινήτρων τους για μάθηση, σε σύγκριση με τον Η/Υ.

3.3 Δείγμα

Οι παρεμβάσεις πραγματοποιήθηκαν σε μαθητές Ε' και Στ' Δημοτικού Σχολείου. Ακόμη, παρεμβάσεις έγιναν χωρίς οι μαθητές να έχουν διδαχθεί τις πληροφορίες που εμπεριέχονται στα 3DH βίντεο ώστε να υπάρχει μεγαλύτερη εγκυρότητα ως προς την αποτελεσματικότητα τους.

Το δείγμα των μαθητών αποτελούνταν από 136 παιδιά. Οι μαθητές αυτοί φοιτούσαν σε δύο συστεγαζόμενα σχολεία της κεντρικής Αθήνας. Σύμφωνα με τις μαρτυρίες των δασκάλων των αντίστοιχων τάξεων, το μαθησιακό επίπεδο των τάξεων ήταν αντίστοιχο μιας τυπικής τάξης με ήπιες διαφορές μεταξύ των περισσότερων μαθητών.

Σύμφωνα με τους κανόνες της ερευνητικής δεοντολογίας, η διεξαγωγή της έρευνας εγκρίθηκε από τη γενική συνέλευση του τμήματος Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Αιγαίου. Ακόμη, έγινε συζήτηση με τον διευθυντή και τους εκπαιδευτικούς των τμημάτων για τις διαδικασίες και τους σκοπούς της έρευνας. Τέλος, έγινε γραπτή ενημέρωση των γονέων των μαθητών για την έρευνα και το περιεχόμενο της και έπειτα έδωσαν τη γραπτή συγκατάθεση τους, για τη συμμετοχή των παιδιών τους.

3.4 Διάρκεια

Η περίοδος που διήρκησε η πειραματική διαδικασία της έρευνας ήταν συνολικά τρεις εβδομάδες. Από την πρώτη εβδομάδα πραγματοποιήθηκαν καθημερινά από μια παρέμβαση ημερησίως σε όλα τα συμμετέχοντα τμήματα. Συνολικά συμμετείχαν 6 τμήματα των 24-25 παιδιών. Με το τέλος της κάθε παρέμβασης οι μαθητές συμπλήρωναν το αντίστοιχο φύλλο αξιολόγησης και η όλη διαδικασία διαρκούσε μια με μια μισή διδακτική ώρα. Μόλις ολοκληρώνονταν οι τρεις παρεμβάσεις για το κάθε τμήμα, οι μαθητές την επόμενη μέρα συμπλήρωναν το τελικό ερωτηματολόγιο. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 18 παρεμβάσεις, 9 για τα τρία τμήματα που αποτελούσαν την ομάδα ελέγχου και 9 για τα τρία τμήματα που αποτελούσαν την πειραματική ομάδα.

Τα 3DH βίντεο τα οποία παρακολουθούσαν οι μαθητές είχαν διάρκεια μεταξύ 1 και 2 λεπτών ενώ το κάθε βίντεο το έβλεπαν δύο φορές. Ο χρόνος που τους δόθηκε για να ολοκληρώσουν τη διαδικασία αξιολόγησης ήταν 15 λεπτά αυστηρά.

3.5 Υλικό

3.5.1 Εισαγωγή

Ο λόγος που επιλέχθηκαν τα συγκεκριμένα αντικείμενα μάθησης, δηλαδή οι ναοί, οι κίονες, τα αγάλματα και τα αγγεία, είναι το γεγονός ότι εμπεριέχουν έντονες οπτικές πληροφορίες και παρέχουν τη δυνατότητα στους μαθητές να παρατηρήσουν λεπτομέρειες καθώς και να τις συγκρίνουν. Αυτός είναι και ο λόγος που τα βίντεο χωρίστηκαν ισόποσα σε περιεχόμενο που να αφορά τόσο τον Αρχαίο Ελληνικό όσο και τον Αρχαίο Αιγυπτιακό πολιτισμό καθώς υπάρχουν τόσο ομοιότητες όσο και διαφορές στην τέχνη των αρχαίων αυτών πολιτισμών. Τα αρχαιολογικά αντικείμενα αποτελούν ιστορικά και πολιτισμικά κειμήλια και γι' αυτό έχουν πολύ σημαντική αξία για τον άνθρωπο. Όμως, δε μπορεί κάθε μαθητής να δει και να νιώσει αυτή την αίσθηση. Τα μαθήματα έως τώρα που σχετίζονταν με αρχαιολογικά αντικείμενα διεκπεραιώνονταν με τη χρήση βιβλίων ή πολυμεσικών εργαλείων που όμως θεωρούνται αναποτελεσματικά λόγω της

αναπαράστασης εικόνων δύο διαστάσεων που μπορούν να είναι ορατά μόνο από τη μία πλευρά (Aditia et al., 2020).

Παρόλο που δεν υπάρχει εύρος επιστημονικών αποτελεσμάτων σχετικά με τη χρήση ολογραφικών συσκευών με αντίστοιχα αντικείμενα μάθησης, οι Pollalis & Shaer (2017) χρησιμοποίησαν συσκευές HoloLens, οι οποίες μέσω των ειδικών γυαλιών εμπεριέχουν ολογράμματα προκειμένου να εξετάσουν τον βαθμό εμπλοκής και διασκέδασης 20 χρηστών σε ότι αφορά σημαντικά μουσειακά εκθέματα. Τα αποτελέσματα ήταν θετικά καθώς όπως έχει βρεθεί, όσο μεγαλύτερη εμπλοκή υπάρχει μεταξύ του ατόμου και των αντικειμένων μάθησης τόσο μεγαλύτερη είναι η κατανόηση και η διασκέδαση τους. Ταυτόχρονα, η δυνατότητα παρατήρησης των αντικειμένων από όλες τις οπτικές γωνίες παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να διευρύνει τις αντιληπτικές του ικανότητες και να νιώσει ταυτόχρονα οικεία με την τέχνη (Leder et al., 2004). Τα HoloLens όμως, σε επίπεδο τάξης εμπεριέχουν αρκετούς περιορισμούς ακόμα λόγω πρακτικότητας και κόστους. Είναι δύσκολο σε τάξεις 25 παιδιών να δοθούν ατομικά τα ειδικά γυαλιά που απαιτούνται για να παρατηρήσουν και να αλληλοεπιδράσουν με τα αρχαιολογικά αντικείμενα ενώ παράλληλα το κόστος είναι υψηλό για αρκετά ελληνικά δημόσια σχολεία.

Μόλις το 2020, οι Aditia et al. χρησιμοποίησαν για πρώτη φορά τον όρο HISTOGRAM (History in Hologram) για να διδάξουν μέσω της 3DH τεχνολογίας ιστορικά –αρχαιολογικά αντικείμενα. Η διαδικασία αυτή διαπιστώθηκε ότι ήταν πιο ενδιαφέρουσα και ευχάριστη για τους μαθητές ενώ τους προσέδωσε μια δυνατή οπτική εμπειρία που αύξησε τόσο την γνώση τους σχετικά με τα αρχαιολογικά κειμήλια και τη σημασία τους όσο και το ενδιαφέρον και τα κίνητρά τους για μάθηση. Έτσι, έχοντας υπόψιν την παραπάνω πρόσφατη έρευνα, κρίθηκε χρήσιμη μια παρόμοια εφαρμογή από τη στιγμή κιάλας που ο ελληνικός και ο αιγυπτιακός πολιτισμός εμπεριέχει μια πλούσια παρακαταθήκη αρχαίων μνημείων και κειμηλίων.

Ένας ακόμη λόγος όμως που επιλέχθηκε το συγκεκριμένο περιεχόμενο των 3D βίντεο, είναι συχνά η αδυναμία επίσκεψης σε μουσεία και σε τόπους με τα αυθεντικά εκθέματα, ειδικά μέσω της πανδημίας. Έτσι, ο πιο ρεαλιστικός τρόπος αλλά ταυτόχρονα και οικονομικός τρόπος για να εμπλακούν οι μαθητές με τα αρχαιολογικά αντικείμενα είναι η προβολή τους μέσα από ολογραφική συσκευή.

Οι παρεμβάσεις τις έρευνας χωρίστηκαν σε δύο μέρη. Οι μισές παρεμβάσεις αποτελούσαν παρεμβάσεις ελέγχου (προβολή 3DH βίντεο σε H/Y), ενώ οι άλλες μισές αποτελούσαν τις

πειραματικές παρεμβάσεις (προβολή 3d βίντεο μέσα από τη συσκευή HLF). Στον παρακάτω πίνακα καταγράφονται οι θεματικές ενότητες της κάθε παρέμβασης.

Πίνακας 1. Παρουσίαση των ενοτήτων των παρεμβάσεων, της διάρκειας και του υλικού παρέμβασης

Παρεμβάσεις	Θεματικές Ενότητες	Επιμέρους Υποενότητες	Διάρκεια Παρέμβασης	Υλικό παρέμβασης
1 ^η	Αγάλματα	Αρχαία Ελληνικά Κούρος Αγάλματα <hr/> Αρχαία Θεά Αθως Αιγυπτιακά Θεός Όσιρις Αγάλματα	60΄	3D holographic βίντεο+ έντυπο φύλλο αξιολόγησης
2 ^η	Αγγεία	Αρχαία Ελληνικά Λήκυθος Αγγεία Αμφορέας <hr/> Αρχαία Βάζο Αιγυπτιακά Δοχείο Αγγεία	60΄	3D holographic βίντεο+ έντυπο φύλλο αξιολόγησης
3 ^η	Μνημεία/ κολώνες	Αρχαία Ελληνικά Παρθενώνας Μνημεία/κολώνες Δωρικός κίονας <hr/> Αρχαία Ναός Αιγυπτιακά Καρνάκ Μνημεία/κολώνες Αιγυπτιακός Κίονας	60΄	3D holographic βίντεο+ έντυπο φύλλο αξιολόγησης

3.5.2 Υλικό παρέμβασης ομάδας ελέγχου

Το υλικό που χρησιμοποιήσαμε για τις παρεμβάσεις της ομάδας ελέγχου ήταν: 1) τα 3D κινούμενα βίντεο όπου συνολικά ήταν 12, 4 για κάθε παρέμβαση, 2) ηλεκτρονικός υπολογιστής 3) πρόγραμμα VLC για την αναπαραγωγή των βίντεο 4) έντυπο υλικό- φύλλο αξιολόγησης 5) στυλό για τη διαδικασία των απαντήσεων. Όλα τα φύλλα αξιολόγησης δημιουργήθηκαν εξ ολοκλήρου για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας με το λογισμικό Microsoft Word. Τα φύλλα αξιολόγησης που δόθηκαν παρουσιάζονται Παράρτημα.

3.6 Διαδικασία δημιουργίας 3D κινουμένων βίντεο 360° (360° 3DVM)

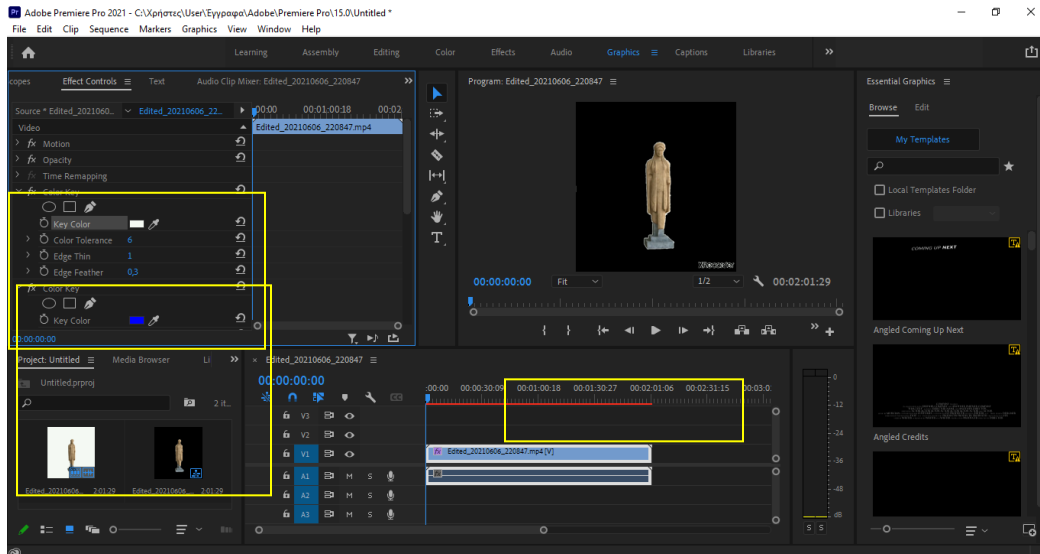
Για τη δημιουργία των 3D κινουμένων βίντεο αρχικά χρειάστηκαν δύο ιστότοποι στο διαδίκτυο με διαθέσιμα 3D μοντέλα τα οποία να είναι 360°, το ένα που χρησιμοποιήθηκε ονομάζεται Turbosquid και το Scetchpad. Αφού επιλέχθηκαν τα 3D μοντέλα τα οποία κρίθηκαν κατάλληλα για τους σκοπούς τις έρευνας ακολούθησε διαδικασία επεξεργασίας σε ότι αφορά την φωτεινότητα, την ταχύτητα και την προσθήκη κειμένου καθώς επίσης και την περιστροφή του αντικειμένου προκειμένου να εμφανίζονται όλες οι πλευρές του.

Σχεδόν για κάθε είδος επεξεργασίας χρησιμοποιήθηκαν και διαφορετικά εργαλεία. Για την περιστροφή του αντικειμένου και τη δημιουργία εκ νέου 3D βίντεο, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Screencastify το οποίο παρέχει τη δυνατότητα βιντεοσκόπησης της οθόνης και έπειτα αποθήκευση του βίντεο και επεξεργασίας του. Η επεξεργασία που πραγματοποιήθηκε από το συγκεκριμένο πρόγραμμα είχε σχέση μόνο με την περικοπή του βίντεο και την ταχύτητά του η οποία έπρεπε να περιοριστεί τις περισσότερες φορές προκειμένου οι μαθητές να έχουν τη δυνατότητα να επεξεργαστούν εξ ολοκλήρου τα 3D μοντέλα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι ίδιες επεξεργασίες εφαρμόστηκαν από την εφαρμογή στο κινητό τηλέφωνο με την ονομασία XRecorder.

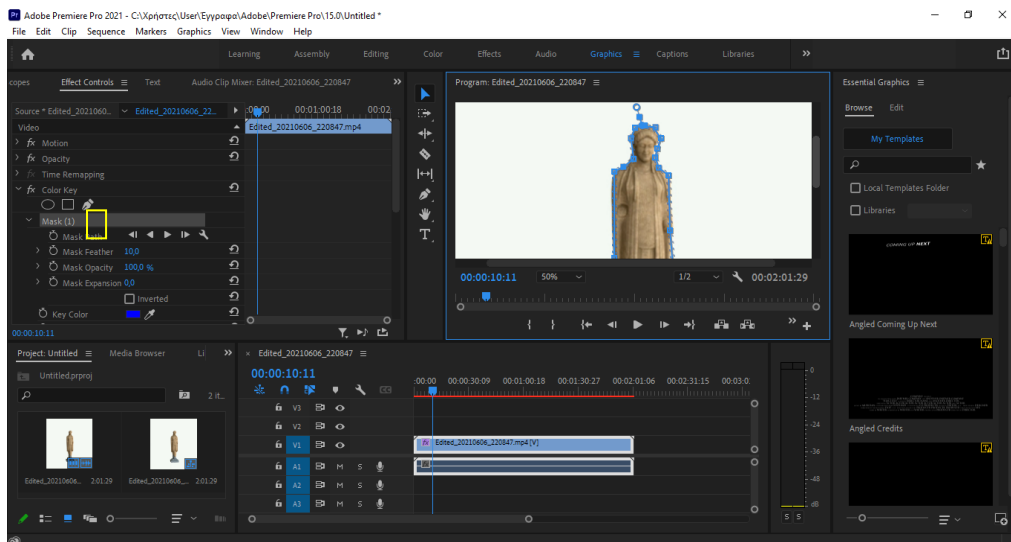
Στο επόμενο στάδιο, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Adobe Premiere 2021 προκειμένου να αλλαχθεί το χρώμα του φόντου στο κάθε βίντεο, καθώς προκειμένου να φαίνεται το αντικείμενο πιο ρεαλιστικό δίνοντας την ψευδαίσθηση ότι αιωρείται στον αέρα, ήταν αναγκαία η μετατροπή σε μαύρο φόντο. Η διαδικασία με τα βήματα αλλαγής φόντου περιγράφεται ακολούθως:

Πρόγραμμα Adobe Premiere 2021

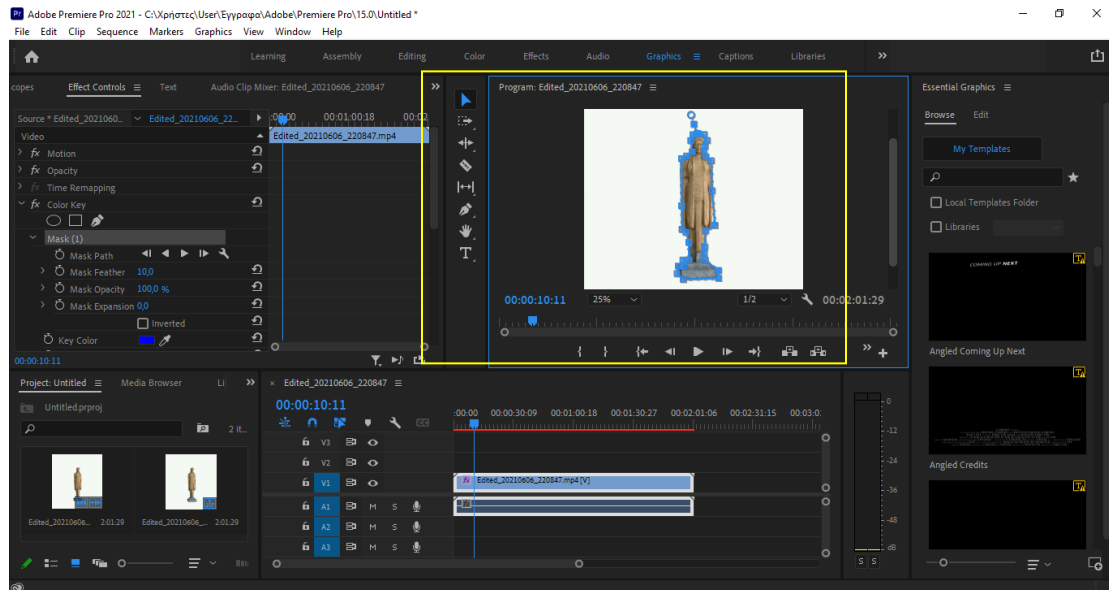
Αλλαγή χρώματος φόντου με χρήση του Color Key Effect



Εικόνα 3.1. Αλλαγή φόντου στο πρόγραμμα Adobe Premiere 2021 με τη χρήση Color Key Effect.



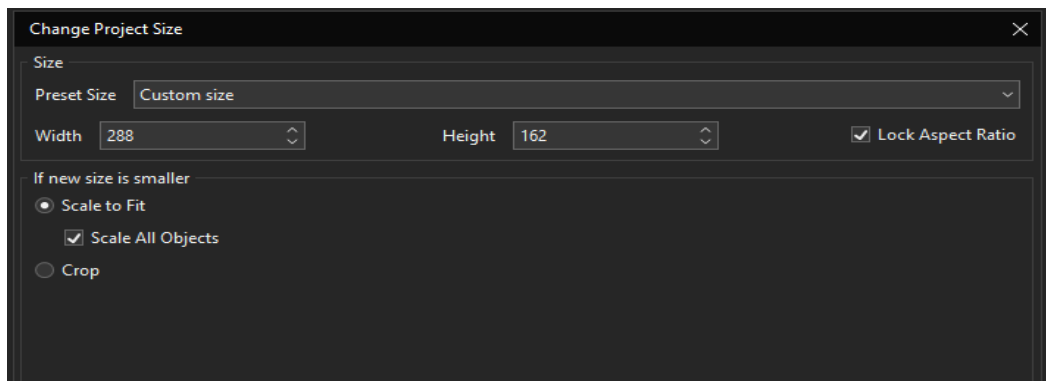
Εικόνα 3.2 Αλλαγή φόντου καρέ-καρέ με χρήση color key effect.



Εικόνα 3.3 Επιλογή περιγράμματος αντικειμένου

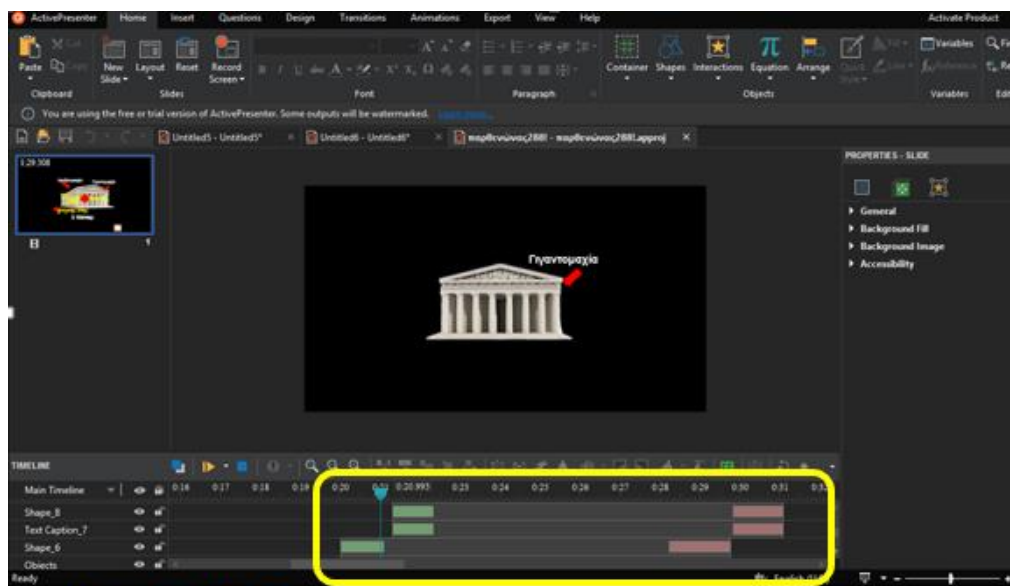
Πρόγραμμα Active Presenter

Μετά την αλλαγή φόντου ακολούθησε η τελευταία επεξεργασία που αφορούσε την προσθήκη κειμένου και την εκ νέου επεξεργασία ταχύτητας με τη βοήθεια του προγράμματος Active Presenter. Αρχικά, έπρεπε απαραίτητων το κάθε βίντεο να προσαρμοστεί στο κατάλληλο μέγεθος και ώστε να παρουσιάζεται στο σωστό μέγεθος μέσω της συσκευής. Έτσι, έγινε μετατροπή του σε ύψος και πλάτος 288x 288



Εικόνα 3.4 Αλλαγή μεγέθους εικόνας στο πρόγραμμα Active Presenter

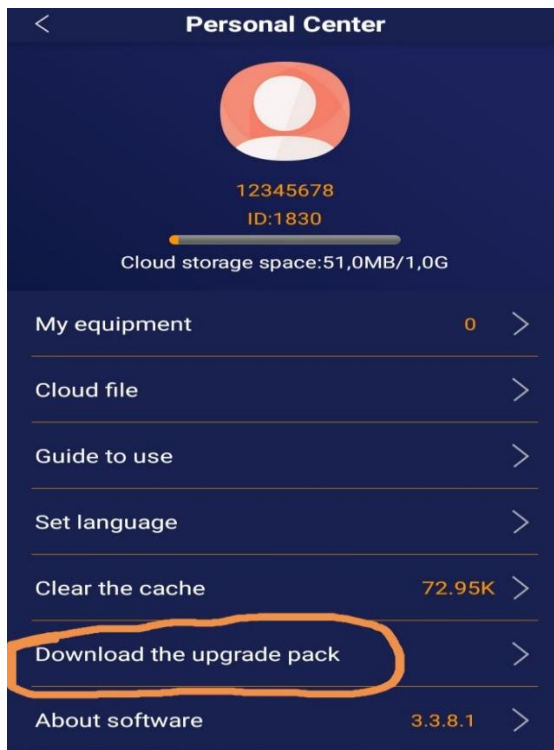
Με την επιλογή «text caption» πραγματοποιήθηκε η προσθήκη κειμένου η οποία μπορούσε εκ νέου να επεξεργαστεί μέσω του main timeline. Έτσι, κάθε φορά μπορούσε να γίνει η αντίστοιχη τοποθέτηση κειμένου με συγκεκριμένα δευτερόλεπτα διάρκειας και τρόπο εκκίνησης και τερματισμού της προσθήκης. Η γενική επεξεργασία όλων των πρόσθετων στοιχείων στο βίντεο γινόταν μέσω του main timeline προκειμένου να υπάρχει μια αρμονία και μία σειρά στον τρόπο με τον οποίο εμφανίζονται οι πληροφορίες.



Εικόνα 3.5 Επεξεργασία και προσθήκη κειμένου και συμβόλων στο πρόγραμμα Active Presenter

3.7 Διαδικασία προβολής

Μετά τη λήψη της εφαρμογής 3D LED FAN, έγινε λήψη του πακέτου του συγκεκριμένου μοντέλου της συσκευής που χρησιμοποιήθηκε πατώντας την επιλογή « Download the upgrade pack» και στη συνέχεια « Z7H Upgrade Patch» .



Εικόνα 3.6 Διαδικασία σύνδεσης εφαρμογής 3d Led Fan με κινητό

Σε ένα δεύτερο βήμα, αφού χρησιμοποιήσαμε τον κωδικό που υπήρχε διαθέσιμος από τις οδηγίες για το pin της συσκευής, πατώντας την επιλογή Single Version συνέδεσα το κινητό μου με το Wifi της συσκευής η οποία ήταν ανοιχτή.

Έπειτα, αποθηκεύσαμε τα βίντεο από το κινητό τηλέφωνο σε φάκελο που διαθέτει η εφαρμογή της συσκευής , επέλεγα κάθε φορά το κατάλληλο βίντεο από τον φάκελο και απευθείας γινόταν η προβολή μέσω της συσκευής.



Εικόνα 3.7 Φάκελοι αποθήκευσης βίντεο στην εφαρμογή κινητού «3D Led Fan».

Εφόσον, η συσκευή ήταν ανοιχτή συνδέοντας τη σε κάποια πρίζα και ελέγχοντάς τη μέσα από την εφαρμογή, κλικάροντας πάνω σε οποιοδήποτε τίτλο βίντεο γινόταν αυτόματα και η προβολή του στη συσκευή. Τέλος, ήταν εφικτό η συσκευή να τερματίσει τη λειτουργία της μέσω της εφαρμογής με αντίστοιχη επιλογή on/off.

3.8 Ερευνητική Διαδικασία

Σχετικά με την πειραματική ομάδα, ύστερα από αντίστοιχη συνεννόηση με τον εκπαιδευτικό του κάθε τμήματος, ξεκινούσα τις διαδικασίες προετοιμασίας προβολής κατά τη διάρκεια του διαλείμματος. Τα μοναδικά σημεία που ήταν εφικτό να στηθεί η συσκευή HLF ήταν ο μπροστινός τοίχος της τάξης, πάνω ή κοντά στον πίνακα. Δυστυχώς, δεν υπήρχε η δυνατότητα απουσίας φωτός ούτε ήταν εφικτό να στηθεί μαύρο πανί πίσω από το σημείο που θα στηνόταν η συσκευή ώστε να μεγιστοποιούνταν το αποτέλεσμα. Έτσι, αφού έστηνα τη συσκευή στον τοίχο, ξεκινούσα τις διαδικασίες σύνδεσης της συσκευής με το κινητό μου.

Η διαδικασία αυτή δε διαρκούσε πάνω από το χρονικό διάστημα του διαλείμματος (10 έως 15 λεπτά) και έτσι οι μαθητές εισέρχονταν στο τμήμα με όλες τις διαδικασίες να είναι ήδη έτοιμες. Ακολουθούσε μια προφορική επεξήγηση της διαδικασίας προβολής και αξιολόγησης και επίλυση τυχόν αποριών. Οι μαθητές έβλεπαν ένα βίντεο σε επανάληψη μέσω της συσκευής, ακολουθούσε η διαδικασία αξιολόγησης με τη χορήγηση του φύλλου αξιολόγησης και δίνονταν χρόνος το ανώτερο 15 λεπτά για την ολοκλήρωση του κάθε ερωτηματολογίου. Τέλος, ακολουθούσε μια άτυπη συζήτηση σχετικά με τις εντυπώσεις που αποκόμισαν μέσα από τη συσκευή HLF.



Εικόνα 3.8 Προβολή ολογραμμάτων στην τάξη μέσω συσκευής HLF



Εικόνα 3.9 Προβολή ολογραμμάτων στην τάξη μέσω συσκευής HLF

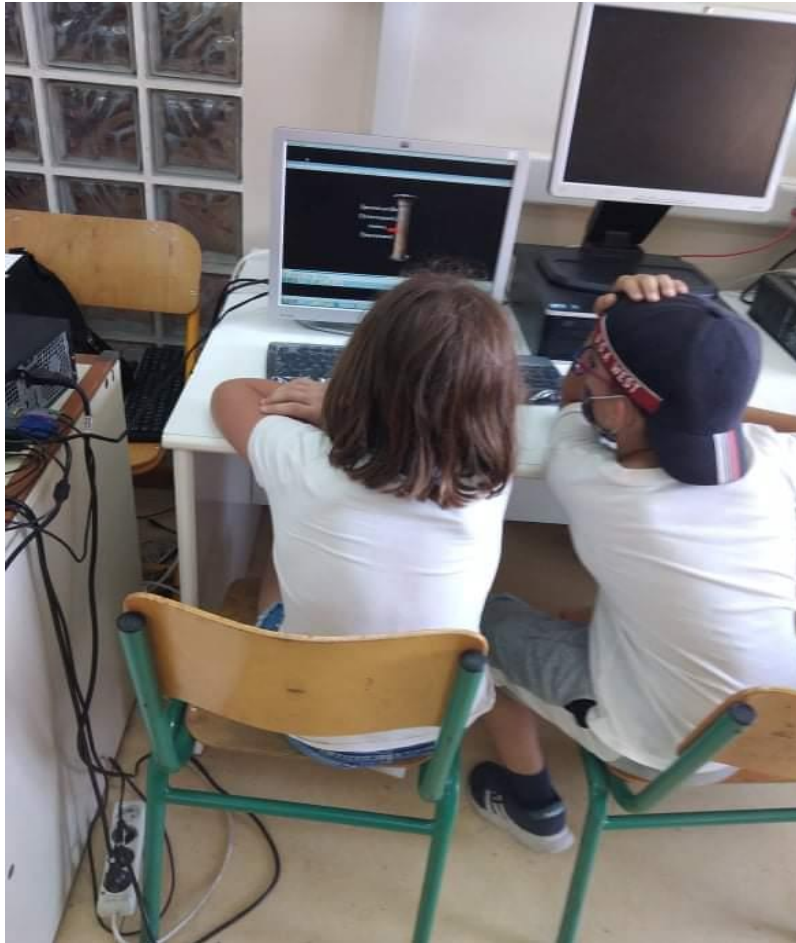


Εικόνα 3.10 Προβολή ολογραμμάτων στην τάξη μέσω συσκευής HLF

Σε ότι αφορά την ομάδα ελέγχου, υπήρξε συνεργασία με την εκπαιδευτικό Πληροφορικής του κάθε τμήματος η οποία πριν εισέλθω στο τμήμα, είχε ήδη στον κάθε ηλεκτρονικό υπολογιστή τα βίντεο έτοιμα προς προβολή. Ο αριθμός των υπολογιστών αλλά και η διαρρύθμιση της τάξης Πληροφορικής όρισε ουσιαστικά τον τρόπο προβολής των βίντεο από τους μαθητές οι οποίοι παρακολούθησαν τα βίντεο σε ζευγάρια. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν ακριβώς η ίδια με την πειραματική ομάδα, δηλαδή οι μαθητές παρακολουθούσαν ένα βίντεο σε επανάληψη και ύστερα συμπλήρωναν το φύλλο αξιολόγησης εντός 15 λεπτών. Μόλις ολοκληρώθηκαν οι προβολές όλων των βίντεο από όλες τις παρεμβάσεις, οι μαθητές κάθε ομάδας (πειραματικής και ελέγχου) συμπλήρωσαν ένα ακόμη ερωτηματολόγιο προκειμένου να καταγραφούν τα επίπεδα ευχαρίστησης και αποτελεσματικότητας της συσκευής σύμφωνα πάντα με τη γνώμη τους. Το ερωτηματολόγιο αυτό αποτελεί ένα πρόσφατο σταθμισμένο εργαλείο (Fokides et al., 2019).



Εικόνα 3.11 Προβολή αντικειμένων στην τάξη Πληροφορικής μέσω υπολογιστών.



Εικόνα 3.12 Προβολή αντικειμένων στην τάξη Πληροφορικής μέσω υπολογιστών

3.9 Ερευνητικά Εργαλεία

3.9.1 Φύλλα αξιολόγησης

Στο τέλος κάθε παρέμβασης, δηλαδή προβολής ενός σετ των 4 βίντεο, οι μαθητές λάμβαναν από ένα φύλλο αξιολόγησης με 15 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής ο καθένας τους. Έγινε προσπάθεια ώστε να διασφαλιστεί η αξιοπιστία των απαντήσεων εξηγώντας στους μαθητές τη διαδικασία, παρέχοντας οδηγίες και τηρώντας φυσικές αποστάσεις μεταξύ τους. Ακόμη, έγινε θερμή παράκληση να τηρήσουν το χρονικό περιθώριο των 15 λεπτών για τις απαντήσεις τους καθώς επίσης και να απαντήσουν με γνώμονα τα όσα παρακολούθησαν στα βίντεο. Ο λόγος που επιλέχθηκε η συγκεκριμένη μορφή ερωτήσεων είναι το γεγονός ότι οι ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής αποτελούν έναν αντικειμενικό και εύκολο τρόπο εξέτασης μεγάλου αριθμού μαθητών, αφού για τη διόρθωση και βαθμολόγηση δεν απαιτείται η κρίση του εξεταστή, διότι οι απαντήσεις είναι προκαθορισμένες (Χαρίσης, 2006α). Είναι ένα είδος ερωτήσεων κατάλληλο για την εξέταση όλων των επιπέδων και όλων των γνωστικών αντικειμένων/πεδίων (Δημητρόπουλος, 1983)

Οι ερωτήσεις που επιλέχθηκαν στα φύλλα αξιολόγησης προκύπταν από τις πληροφορίες του παρείχαν τα 3D βίντεο, είτε από την προσθήκη κειμένου είτε από τα φυσικά χαρακτηριστικά των αντικειμένων των οποίων προβάλλονταν.

Φύλλο αξιολόγησης

Αρχαία Ελληνικά και Αρχαία Αιγυπτιακά αγάλματα

Όνομα

- 1) Οι βόστυχοι σε ένα άγαλμα είναι.....
 - A) αντικείμενα λατρείας που κρατούν στα χέρια
 - B) ονομασία από τις μπούκλες των μαλλιών
 - Γ) κοσμήματα που φορούν στο λαιμό

- 2) Ποιο από τα παρακάτω είναι αρχαίο αιγυπτιακό άγαλμα;
 - A) ο Κούροϋ
 - B) ο Όσιρις
 - Γ) η Κόρη

Εικόνα 3.13 Ερωτήσεις φύλλου αξιολόγησης ύστερα από παρέμβαση.

Ακόμη, αρκετές ερωτήσεις των φύλλων αξιολόγησης, ήταν ερωτήσεις διάκρισης προκειμένου να εξεταστεί κατά πόσο οι μαθητές μέσα από τα βίντεο προβολής μπορούσαν να διακρίνουν τις ομοιότητες και τις διαφορές των στοιχείων του Αρχαίου Ελληνικού και Αρχαίου αιγυπτιακού πολιτισμού.

5) Τι κρατά με το χέρι στο στήθος το αιγυπτιακό γυναικείο άγαλμα;

- A) νούφαρο
- B) λουλούδι πάπυρου
- Γ) τίποτα

6) Το ελληνικό γυναικείο άγαλμα φορά στο λαιμό περίτεχνο κολιέ.

- A) Σωστό
- B) Λάθος

7) Χαρακτηριστικά του αγάλματος του Κούρου, αποτελούν.....

- A) μεγάλα μάτια
- B) γυμνασμένο σώμα
- Γ) γυμνό σώμα
- Δ) το Β και Γ
- Ε) το Α, Β και Γ

Εικόνα 3.14 Ερωτήσεις διάκρισης σε φύλλο αξιολόγησης.

3.9.2 Ερωτηματολόγιο

Μόλις ένα τμήμα ολοκλήρωνε το σύνολο των παρεμβάσεων, δινόταν στους μαθητές ένα τελευταίο ερωτηματολόγιο προκειμένου οι μαθητές να καταγράψουν τις στάσεις, τι εντυπώσεις και τις απόψεις τους για κάθε ψηφιακή, εκπαιδευτική εφαρμογή. Οι ερωτήσεις εξέταζαν 4 διαφορετικούς παράγοντες με τη χρήση τετραβάθμιας κλίμακας Likert. Πιο συγκεκριμένα, αξιολογήθηκαν 6 στοιχεία στο πεδίο της προσωπικής απόλαυσης, 6 στοιχεία στο πεδίο αποτελεσματικότητας της μάθησης και τέλος, 3 στοιχεία στο πεδίο της παροχής κινήτρων. Οι καταγραφές σχετικά με τα στοιχεία σχετίζονταν πάντα με την προσωπική άποψη του κάθε μαθητή για όλα τα πεδία. Τα ερωτηματολόγια που δόθηκαν, αφορούσαν και τα δύο μέσα που χρησιμοποιήθηκαν στις παρεμβάσεις με μοναδική τροποποίηση την κατά περίπτωση συσκευή (H/Y ή συσκευή HLF) που

χρησιμοποιήθηκε στις παρεμβάσεις ενώ και τα δύο βρίσκονται στο Παράρτημα II . Το ερωτηματολόγιο αυτό χορηγήθηκε ύστερα από άδεια των δημιουργών του και αποτελεί σταθμισμένο ερευνητικό εργαλείο το οποίο χρησιμοποιήθηκε αρχικά σε έρευνα για την αξιολόγηση ψηφιακών εκπαιδευτικών εφαρμογών (Fokides et al., 2019).

Ερωτηματολόγιο

Όνομα: _____

Οδηγίες: Διάβασε προσεκτικά τις παρακάτω ερωτήσεις και στη συνέχεια για κάθε ερώτηση κύκλωσε έναν από τους αριθμούς 1, 2, 3, και 4. Η σημασία των αριθμών είναι η εξής: 1=διαφωνώ εντελώς, 2=διαφωνώ, 3=συμφωνώ, 4=συμφωνώ απόλυτα.

⊕	Πιστεύω ότι η συσκευή Hologram Led Fan(HLF) ήταν διασκεδαστική.	1	2	3	4
	Δεν βαρέθηκα ενώ χρησιμοποιούσα την συσκευή HLF.	1	2	3	4
	Απόλαυσα τη χρήση της συσκευής HLF.	1	2	3	4
	Πραγματικά απόλαυσα τη διαδικασία του μαθήματος με την συσκευή HLF.	1	2	3	4
	Ένωσα χαρούμενος/η που ασχολήθηκα με την συσκευή HLF.	1	2	3	4

Εικόνα 3.15 Εικόνα από ερωτηματολόγιο-σταθμισμένο εργαλείο.

4. Αποτελέσματα

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, συνολικά 138 μαθητές συμμετείχαν στη μελέτη, χωρισμένοι σε 2 ομάδες των 69 (Ομάδα1 = παρέμβαση με ολογράμματα, Ομάδα2 = παρέμβαση με συμβατικό μέσο). Η κατανομή αγοριών-κοριτσιών και στις 3 ομάδες ήταν περίπου ίση. Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων στα φύλλα αξιολόγησης, αυτά βαθμολογήθηκαν με βάση τα κριτήρια βαθμολόγησης που ορίστηκαν από τους ερευνητές. Συγκεκριμένα, ο κάθε μαθητής κλήθηκε να απαντήσει 15 ερωτήσεις σχετικές με το περιεχόμενο μάθησης σε βαθμολογική κλίμακα του 20. Οι πιο δύσκολες ερωτήσεις αξιολογήθηκαν με 2 βαθμούς ενώ οι υπόλοιπες με 1 βαθμό. Στη συνέχεια υπολογίστηκε το ποσοστό επιτυχίας και έπειτα ο μέσος όρος της επίδοσης των μαθητών ανά μέσο. Όσον αφορά τα ερωτηματολόγια, εκλέχθηκε η εσωτερική συνοχή τους τόσο ως σύνολο όσο και των επιμέρους παραγόντων που περιλάμβαναν, χρησιμοποιώντας το α του Cronbach. Σε όλες τις περιπτώσεις, αυτό βρέθηκε να είναι πάνω από το όριο του 0,70 (0,82 συνολικά και 0,76 έως 0,89 για τους επιμέρους παράγοντες), κάτι που υποδηλώνει παραπάνω από ικανοποιητική εσωτερική συνοχή (Taber, 2018). Στη συνέχεια, υπολογίστηκαν 8 νέες μεταβλητές (4 παράγοντες X 2 ερωτηματολόγια), που αντιπροσώπευαν τον μέσο όρο των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις του κάθε παράγοντα. Τα δεδομένα εισήχθησαν στο SPSS 26 για περαιτέρω ανάλυση. Στοιχεία για το μέσο και για την τυπική απόκλιση, για όλες τις μεταβλητές της μελέτης, ανά ομάδα συμμετεχόντων, παρουσιάζονται στον Πίνακα 2 .

Πίνακας 2. Περιγραφικά στοιχεία για τις μεταβλητές της μελέτης

	Ομάδα1				Ομάδα2			
	(N = 69)				(N = 69)			
	<i>Min</i>	<i>max</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Φύλλα αξιολόγησης	56,6 7	98,3 3	80,4 1	10,45	38,3 3	96,6 7	72,97	12,12
Διασκέδαση	2,00	4,00	3,40	0,38	1,20	3,40	1,99	0,42
Υποκειμενική αποτελεσματικότητα	2,60	4,00	3,24	0,30	2,00	3,60	2,60	0,39
Κίνητρα	2,33	4,00	3,41	0,35	1,00	2,67	1,75	0,33

Αναλύσεις διασποράς μίας κατεύθυνσης (One-way ANOVA) επρόκειτο να διεξαχθούν για να συγκριθούν οι βαθμολογίες των μαθητών στα φύλλα αξιολόγησης και με βάση τις 2 ομάδες που συμμετείχαν. Πριν γίνει η ανάλυση, ελέγχθηκε το κατά πόσο πληρούνται οι προϋποθέσεις για τη διεξαγωγή αυτού του είδους της ανάλυσης. Διαπιστώθηκε ότι:

- Όλες οι ομάδες σε όλες τις δραστηριότητες είχαν τον ίδιο αριθμό συμμετεχόντων ($N = 69$).
- Στη βαθμολογία όλων των φύλλων αξιολόγησης δεν υπήρχαν ακραίες τιμές (outliers).
- Τα δεδομένα σε όλες τις περιπτώσεις δεν είχαν κανονική κατανομή, όπως αυτό εκτιμήθηκε από Q-Q γραφήματα και το Shapiro-Wilk test ($p < 0,05$), όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.
- Η ομοιογένεια της διακύμανσης δεν παραβιάστηκε, όπως εκτιμήθηκε από το test Levene ($p > 0,05$) (Πίνακας 2).

Πίνακας 3. Αποτελέσματα ελέγχου κανονικότητας της κατανομής

Μεταβλητή	Ομάδα	Shapiro-Wilk		
		<i>Statistic</i>	<i>df</i>	<i>P</i>
Φύλλα αξιολόγησης	1	0,93	69	0,001
	2	0,96	69	0,037
Διασκέδαση	1	0,93	69	0,001
	2	0,93	69	0,001
Υποκειμενική αποτελεσματικότητα	1	0,95	69	0,005
	2	0,95	69	0,006
Κίνητρα	1	0,88	69	<0,001
	2	0,89	69	<0,001

Πίνακας 4. Αποτελέσματα ελέγχου ομοιογένειας της κατανομής

	Levene Statistic	df1	df2	<i>p</i>
Φύλλα αξιολόγησης	0,15	1	136	0,70
Διασκέδαση	1,20	1	136	0,27
Υποκειμενική Αποτελεσματικότητα	3,12	1	136	0,08
Κίνητρα	0,91	1	136	0,34

Καθώς υπήρχε σοβαρή παραβίαση της κανονικότητας της κατανομής των δεδομένων και καθώς υπήρχαν δύο ομάδες, αποφασίστηκε η διεξαγωγή του Mann-Whitney U test, που είναι μη-παραμετρικό τεστ. Παρόλο που το τεστ αυτό δεν προϋποθέτει κανονική κατανομή δεδομένων, εντούτοις προϋποθέτει ότι τα δεδομένα στις ομάδες ακολουθούν παρόμοιου σχήματος κατανομές (Corder & Foreman, 2009; Siegel & Castellan, 1988), όπως και στην προκειμένη περίπτωση, χρησιμοποιώντας την προσέγγιση Bonferroni (ελέγχοντας για λάθη Τύπου I) (Dunn 1964). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4:

Πίνακας 5. Αποτελέσματα Mann-Whitney U test

Μεταβλητή	Mean rank Ομάδα1	Mean rank Ομάδα2	U	Z	P	Μέγεθος επίδρασης (d_{Cohen})
Φύλλα αξιολόγησης	82,13	56,87	1509,00	-3,72	< 0,001	0,67 (μεγάλο)
Διασκέδαση	102,72	36,28	88,00	-9,81	< 0,001	2,99 (πολύ μεγάλο)
Υποκειμενική αποτελεσματικότητα	96,85	42,15	493,50	-8,11	< 0,001	1,88 (πολύ μεγάλο)
Ευκολία χρήσης	46,19	92,81	3989,00	6,93	< 0,001	1,44 (πολύ μεγάλο)
Κίνητρα	103,91	35,09	6,500	-10,26	< 0,001	3,38 (πολύ μεγάλο)

Συνοψίζοντας:

- Στα φύλλα αξιολόγησης παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων. Συνεπώς, οι διαφορετικές μέθοδοι διδασκαλίας είχαν επίδραση στα γνωστικά αποτελέσματα των μαθητών, με την ομάδα μαθητών που χρησιμοποίησε ολογράμματα να ξεπερνά σε απόκτηση γνώσεων την ομάδα των μαθητών που διδάχθηκε συμβατικά.
- Στη διασκέδαση παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων, με την ομάδα μαθητών που χρησιμοποίησε ολογράμματα να έχει διασκεδάσει περισσότερο από την ομάδα των μαθητών που διδάχθηκε συμβατικά.

- Στην υποκειμενική αποτελεσματικότητα παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων, με την ομάδα μαθητών που χρησιμοποίησε ολογράμματα να θεωρεί ότι υποβοηθήθηκε πιο πολύ στο να αποκτήσει γνώσεις σε σχέση με την ομάδα των μαθητών που διδάχθηκε συμβατικά.
- Στα κίνητρα για μάθηση παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων, με την ομάδα μαθητών που χρησιμοποίησε ολογράμματα να θεωρεί ότι είχε περισσότερα κίνητρα σε σχέση με την ομάδα των μαθητών που διδάχθηκε συμβατικά.

5. Συζήτηση

Συνολικά, μέσα από την έρευνα φάνηκε πως η συσκευή HLF θεωρήθηκε αποτελεσματική από τους μαθητές. Κάτι τέτοιο έχει ισχύ καθώς τα μαθησιακά αποτελέσματά των μαθητών ήταν αυξημένα ύστερα από την εφαρμογή της συσκευής. Ακόμη, πιο υψηλά ήταν τα αποτελέσματα των επιδόσεων μέσω της εφαρμογής της συσκευής συγκριτικά με τον Η/Υ. Τα δεδομένα αυτά δικαιολογούνται καθώς ταυτόχρονα προέκυψαν υψηλά ποσοστά κινήτρων για μάθηση αλλά και διασκέδασης μέσα από τη συσκευή.

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να διερευνηθεί κατά πόσο μια ολογραφική συσκευή μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν σε μεγαλύτερο βαθμό πληροφορίες που σχετίζονται με τον Αρχαίο Ελληνικό και τον Αρχαίο Αιγυπτιακό πολιτισμό από ότι άλλα συμβατικά μέσα. Παράλληλα, έγινε μια προσπάθεια να διερευνηθεί κατά πόσο η τεχνολογία των ολογραμμάτων μπορεί να επηρεάσει το ενδιαφέρον και τα κίνητρα των μαθητών για μάθηση. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιήθηκε η συσκευή Holographic Led Fan και δημιουργήθηκαν 360° 3DVM που σχετίζονται με τους δύο αρχαίους πολιτισμούς. Αρκετές από τις ερωτήσεις αξιολόγησης που τους δόθηκαν σχετίζονταν με ομοιότητες και διαφορές των τεχνουργημάτων μεταξύ των δύο πολιτισμών προκειμένου να εξεταστούν αν η HLF μπορεί να τους βοηθήσει να διακρίνουν σημαντικά χαρακτηριστικά των πολιτισμών. Το υλικό χρησιμοποιήθηκε σε μαθητές Ε' και Στ' Δημοτικού οι οποίοι παρακολούθησαν μικρής διάρκειας βίντεο (1 λεπτού κατά μέσο όρο) με περιεχόμενο αρχαία αγάλματα, αγγεία, κίονες και ναούς του Ελληνικού και Αιγυπτιακού αρχαίου πολιτισμού.

Η συσκευή HLF αποτελείται από τέσσερις έλικες οι οποίες στο πίσω μέρος του καθενός έχουν εγκατεστημένα μικρά ολοκληρωμένα συστήματα από φώτα Led. Καθώς το μηχάνημα εκκινεί, οι έλικες περιστρέφονται γρήγορα και μέσω μιας εφαρμογής που είναι συνδεδεμένο το μηχάνημα στο κινητό προβάλλονται τα 360° 3DVM. Κατά την προβολή των 360° 3DVM δημιουργείται η αίσθηση στον παρατηρητή ότι τα αντικείμενα αιωρούνται στον αέρα. Για να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα της συσκευής, ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία προβολής των 360° 3DVM μέσω Η/Υ. Έτσι, καθώς η έρευνα ήταν μεταξύ υποκειμένων (between subjects), η μία ομάδα μαθητών παρακολούθησε το μαθησιακό περιεχόμενο μέσω της ολογραφικής συσκευής ενώ η άλλη μέσω Η/Υ. Η δημιουργία του υλικού αναπτύχθηκε με βάση την θεωρία cognitive load και multimedia learning καθώς προσπαθήσαμε να παρέχουμε πολύ συγκεκριμένες, ακριβείς και απλές πληροφορίες

κατά την προβολή κάθε 3D μοντέλου προκειμένου να μην υπερφορτώσουμε τους μαθητές με πολλές γραπτές πληροφορίες ώστε να μπορούν να επεξεργαστούν σε βάθος την κινούμενη εικόνα.

Σε κάθε παρέμβαση οι μαθητές παρακολουθούσαν τέσσερα βίντεο, δύο βίντεο με περιεχόμενο από τον κάθε πολιτισμό. Μετά το τέλος κάθε παρέμβασης οι μαθητές συμπλήρωναν ατομικά ένα φύλλο αξιολόγησης, ενώ στο πέρας όλων των τριών παρεμβάσεων, οι μαθητές συμπλήρωσαν ένα ακόμη φύλλο το οποίο αποτελεί σταθμισμένο εργαλείο αξιολόγησης που σχετίζεται με τις απόψεις των μαθητών σχετικά με το πόσο χρήσιμη και διασκεδαστική θεώρησαν τη συσκευή. Ακολούθησε ανάλυση των αποτελεσμάτων τα οποία ανέδειξαν ότι οι επιδόσεις των μαθητών που παρακολούθησαν τα 360° 3DVM μέσω της HLF ήταν αυξημένες συγκριτικά με τους μαθητές που τα παρακολούθησαν μέσω H/Y. Έτσι, η πρώτη ερευνητική υπόθεση (EY1) εξακριβώνεται.

Όσον αφορά το ερωτηματολόγιο αξιολόγησης εντυπώσεων, αυτό δόθηκε και στις δύο ομάδες, ώστε να διερευνηθούν τυχόν διαφοροποιήσεις στις εντυπώσεις και στις απόψεις των μαθητών. Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης του ερωτηματολογίου, φάνηκε πώς η δεύτερη ερευνητική υπόθεση EY2 (Οι εντυπώσεις και οι απόψεις των μαθητών σχετικά με τη χρήση της συσκευής HLF είναι καλύτερες, όσον αφορά: α) την προσωπική ευχαρίστηση που τους πρόσφερε, β) την υποκειμενική αποτελεσματικότητα της μάθησης και ε) την αύξηση των κινήτρων τους για μάθηση, σε σύγκριση με τον H/Y) απαντάται θετικά σε όλα τα σκέλη. Οι μαθητές φαίνεται να θεώρησαν τη χρήση της συσκευής HLF πιο αποτελεσματική και διασκεδαστική από ότι του H/Y ενώ παράλληλα τους παρείχε περισσότερα κίνητρα για μάθηση.

Με βάση τα αποτελέσματα, φαίνεται πως η συσκευή HLF κέρδισε τις εντυπώσεις των μαθητών καθώς αποτέλεσε ένα νέο εκπαιδευτικό εργαλείο. Συγκεκριμένα, η προβολή των αντικειμένων τα οποία έμοιαζαν να αιωρούνται στον αέρα υλικό δείχνει να κέντρισε το ενδιαφέρον τους. Σύμφωνα με τους Loh & Shaharrudin (2019) το χαρακτηριστικό εφέ που προσδίδει την αίσθηση της αιώρησης του αντικειμένου έχει τη δυνατότητα να προσελκύει το ενδιαφέρον των μαθητών, να διατηρεί την προσοχή τους και να αυξάνει τα κίνητρα για μάθηση. Αντιθέτως, η προβολή μαθησιακού περιεχομένου μέσω του H/Y είναι αρκετά συνηθισμένη σε μαθητές της σύγχρονης εποχής. Όπως διαπιστώθηκε και από την έρευνα των Faudi & Listyorini (2018), οι μαθητές θεωρούν βαρετή τη διδασκαλία που χρησιμοποιεί συμβατικά εκπαιδευτικά μέσα. Επομένως, είναι εύλογο οι μαθητές να μην έχουν κάποιο σημαντικό κίνητρο για να παρατηρήσουν περισσότερο

τις λεπτομέρειες των αντικειμένων όπως συνέβη με την ολογραφική συσκευή. Εφόσον η χρήση της HLF συσκευής όπως δηλώθηκε από τους μαθητές είναι περισσότερο συναρπαστική συγκριτικά με τον Η/Υ, δικαιολογείται και ο υψηλός βαθμός κινήτρων για μάθηση όπως έδειξαν τα αποτελέσματα. Αυτό συμβαίνει καθώς έχει αποδειχθεί ότι όσο πιο ενδιαφέρουσα είναι μαθησιακή διαδικασία, τόσο πιο πολύ αυξάνονται τα κίνητρα των μαθητών (Loh & Shaharrudin, 2019; Hoon et al., 2019).

Σε μια πρόσφατη έρευνα των Sulton & Prihamoto (2020) βρέθηκε πως οι μαθητές θεωρούν τις ολογραφικές συσκευές αποτελεσματικές. Συγκεκριμένα, δήλωσαν πως υπήρξε ευκολία κατανόησης του μαθησιακού περιεχομένου η οποία προέκυψε από τον ολογραφικό τρόπο προβολής ενώ η διαδικασία προβολής των ολογραμμάτων τους φάνηκε διασκεδαστική, ενδιαφέρουσα και καινοτόμα. Ένας επιπλέον λόγος που οι μαθητές της έρευνας θεώρησαν τη συσκευή διασκεδαστική είναι το γεγονός ότι για πρώτη φορά παρατηρούσαν αντικείμενα με μορφή ολογραμμάτων. Όλοι πλην ενός μαθητή όταν άτυπα τους ρωτήθηκε αν έχουν ξαναδεί ή αν γνωρίζουν τη λειτουργία της συσκευής απάντησαν αρνητικά. Οι Aditia et al. (2020) έχουν παρατηρήσει ότι οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν ακόμη και τώρα κατά κανόνα συμβατικά μέσα διδασκαλίας, όπως φωτοτυπίες και βιβλία για να διδάξουν μαθήματα Ιστορίας και πριν τη διεξαγωγή της έρευνας οι μαθητές δήλωσαν πως το μάθημα της Ιστορίας είναι βαρετό. Σύμφωνα με τους ερευνητές, μόλις παρουσιάζεται μια νέα τεχνολογία στους μαθητές η αίσθηση του καινούργιου και καινοτόμου ευθύνεται σε ένα βαθμό για την αύξηση των κινήτρων. Πράγματι, πριν τη διεξαγωγή της έρευνας βρέθηκε πως οι μαθητές είχαν άγνοια βασικών αντικειμένων πολιτισμικής κληρονομιάς και σε αυτό οφειλόταν το γεγονός ότι δεν είχαν κίνητρα για μάθηση. Παρομοίως και στη συγκεκριμένη έρευνα, οι μαθητές είχαν υψηλότερα μαθησιακά αποτελέσματα σχετικά με πληροφορίες αντικειμένων πολιτισμικής κληρονομιάς μέσω της συσκευής που θεώρησαν και πιο διασκεδαστική, δηλαδή την ολογραφική συσκευή HLF.

Ακόμη, τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι μαθητές θεωρούν πιο αποτελεσματική τη συσκευή HLF από ότι τους Η/Υ. Καθώς το μαθησιακό υλικό που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα ήταν πανομοιότυπο και στις δύο συσκευές, είναι εύλογο να επηρέασε την αίσθηση αποτελεσματικότητας η προβολή των αντικειμένων ως ολογράμματα και το εφέ που προκαλεί η συσκευή δίνοντας την αίσθηση ότι αιωρούνται στον ελεύθερο αέρα. Η αίσθηση της αιώρησης των αντικειμένων προκαλεί την αίσθηση μίας έντονης παρουσίας του αντικειμένου στο χώρο, όπου η εικόνα δείχνει πιο ρεαλιστική συγκριτικά με την οθόνη του Η/Υ. Η αίσθηση του ρεαλιστικού στοιχείου που εκλείπει από τους Η/Υ δημιουργεί εντονότερες εμπειρίες στους μαθητές (Girish, 2019; Tokan & Imakulata,

2019). Όπως υποστηρίζει ο Girish (2019) όσο πιο ρεαλιστικό παρουσιάζεται ένα αντικείμενο, τόσο πιο απλή και εύκολη γίνεται η γνώση. Κάτι τέτοιο με τη σειρά του σημαίνει ότι πως οι πληροφορίες γίνονται περισσότερο αντιληπτές μέσω της ολογραφικής προβολής τους.

Βάση της θεωρίας cognitive load (Paas et al., 2010) όσο πιο απλές παρουσιάζονται οι πληροφορίες, τόσο πιο εύκολα αντιληπτές γίνονται καθώς ο εγκέφαλος δεν καταβάλλει πολλές προσπάθειες για να τις αφομοιώσει και δεν υπερφορτώνεται. Οι πληροφορίες που αφομοιώνονται εύκολα, καταγράφονται και ευκολότερα στην μακροπρόθεσμη μνήμη καθώς γίνονται αντιληπτές (Loh & Shaharrudin, 2019). Αν οι μαθητές προσέλαβαν εύκολα τις πληροφορίες μέσα από την προβολή των ολογραμμάτων, δικαιολογείται και η άποψη τους για υψηλότερη αποτελεσματικότητα της συσκευής συγκριτικά με τους H/Y. Έχει υποστηριχθεί ότι η ολογραφική τεχνολογία επιτρέπει στους μαθητές να μαθαίνουν μέσα από την ολιστική παρατήρηση των πληροφοριών που υπάρχουν ήδη στο κοινωνικό τους περιβάλλον και έτσι μπορούν να αυξήσουν τις γνωστικές τους δεξιότητες (Kirkoorian et al, 2008). Συγκεκριμένα, τα ολογράμματα παρέχουν σημαντικές λεπτομέρειες για το αντικείμενο μελέτης και διευρύνουν την παρατηρητικότητα μας (Khan et al., 2020).

Τα αποτελέσματα της EY1 και EY2 έρχονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών που χρησιμοποίησαν ολογραφικές συσκευές στην εκπαίδευση σε διάφορα μαθησιακά αντικείμενα, τόσο στην πρωτοβάθμια όσο και τις άλλες βαθμίδες εκπαίδευσης. Στην έρευνά τους οι Hoon et al. (2019) χρησιμοποίησαν την ολογραφική συσκευή HLF προκειμένου να διδάξουν τα στάδια ανάπτυξης των φυτών σε μαθητές δημοτικού. Τα ερευνητικά δεδομένα κατέδειξαν αυξημένες μαθησιακές επιδόσεις ύστερα από την χρήση της συσκευής αναδεικνύοντας την αποτελεσματικότητά της. Άλλες πρόσφατες έρευνες χρησιμοποίησαν ολογραφικές συσκευές πυραμίδας προκειμένου να διδάξουν θεματικές σχετικές με το ηλιακό σύστημα (Faudi & Listyorini et al., 2018; Mnaathr & Basha, 2013) με εξίσου θετικά μαθησιακά αποτελέσματα. Οι Roslan et al. (2017) χρησιμοποίησαν επίσης με επιτυχία ολογραφική συσκευή για να αναπτύξουν τις οπτικοχωρικές δεξιότητες σε μαθητές δημοτικού. Οι Barhaya & Halim (2016) χρησιμοποίησαν επίσης ολογραφική συσκευή με επιτυχία με σκοπό να διδάξουν την αλφάβητο σε μαθητές δημοτικού. Συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε ότι η ενεργή συμμετοχή των μαθητών συντέλεσε στην μεγαλύτερη κατανόηση και συνεπώς σε μεγαλύτερες μαθησιακές επιδόσεις.

Έχουν διεξαχθεί επίσης πρόσφατες έρευνες και σε μαθητές της Δευτεροβάθμιας που να αφορούν την αποτελεσματική χρήση ολογραφικών συσκευών. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η έρευνα

των Aditia et al. (2020) οι οποίοι είχαν παρόμοιο θεματικό μαθησιακό περιεχόμενο με την παρούσα έρευνα και κατέδειξε θετικά μαθησιακά αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, οι ερευνητές χρησιμοποίησαν ολογραφική συσκευή σε σκοπό να προβάλουν στους μαθητές τεχνουργήματα αρχαίων πολιτισμών. Υπήρξαν τόσο υψηλότερες επιδόσεις όσο και υψηλότερα κίνητρα για μάθηση ύστερα από την εφαρμογή της ολογραφικής συσκευής που χρησιμοποιήθηκε. Άλλες έρευνες με θεματικές στο μάθημα της Βιολογίας (Gafur et al., 2019; Sulton & Prihamoto, 2020) και των Μαθηματικών (Aris & Orcos, 2020) χρησιμοποίησαν επίσης ολογραφικές συσκευές με αντίστοιχα θετικά μαθησιακά αποτελέσματα.

Η Monnin (2010) ανέδειξε την συμβολή της χρήσης ολογραφικών συσκευών καθώς οι μαθητές φάνηκε να ενθουσιάστηκαν και η διαδικασία της προβολής ολογραμμάτων κίνησε την περιέργειά τους. Αξιοσημείωτη είναι και η έρευνα των Hoon et al. (2019) κατά την οποία υπήρχε θετική αντίδραση των μαθητών απέναντι στην προβολή ολογραμμάτων ενώ είναι χαρακτηριστικό πως οι μαθητές ζήτησαν άτυπα να επαναληφθεί η διαδικασία κάτι το οποίο καταδεικνύει τον ενθουσιασμό και το ενδιαφέρον τους προς τα ολογράμματα. Παρόμοια αποτελέσματα σχετικά με τις θετικές στάσεις των μαθητών απέναντι σε ολογραφικές συσκευές αναδείχθηκαν και από μία σωρεία πρόσφατων ερευνών στον τομέα της εκπαίδευσης και της τεχνολογίας των ολογραμμάτων (Barkhaya & Halim, 2016; Chang & Lai, 2018; Faudi & Listyorini et al., 2018; Gafur et al., 2019; Mnaathr & Basha, 2013; Ortega et al., 2020; Sulton & Prihatmoto, 2020; Sundeep, 2013).

Συμπερασματικά, η τεχνολογία ολογραμμάτων δείχνει να έχει πολλές εκπαιδευτικές δυνατότητες καθώς πλαισιώνει το μαθησιακό περιεχόμενο με έναν ενδιαφέρον και ρεαλιστικό τρόπο δημιουργώντας τον ενθουσιασμό και την περιέργεια των μαθητών για να εμπλακούν πιο ενεργά στη μάθηση. Παράλληλα, οι μαθησιακές επιδόσεις φαίνονται να είναι καλύτερες σε σύγκριση με πιο συμβατικά μέσα διδασκαλίας όπως οι Η/Υ. Κάτι τέτοιο είναι εύλογο αν αναλογιστεί κανείς πως η αύξηση των κινήτρων έχει ως συνέπεια την αύξηση της προσπάθειας και της προσοχής απέναντι στο περιεχόμενο μάθησης (Tokan & Imakulata, 2019). Έτσι, όσο πιο ελκυστική γίνεται η μάθηση για τους μαθητές, τόσο πιο πολύ καταβάλουν προσπάθειες για να κατανοήσουν το περιεχόμενο με τελικό αποτέλεσμα υψηλότερες επιδόσεις. Η ολογραφική συσκευή HLF με βάση τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας δείχνει να έχει υψηλές δυνατότητες για καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα κάνοντας τη μάθηση πιο διασκεδαστική.

5.1 Συμβολή της έρευνας

Η παρούσα έρευνα ενισχύει την περιορισμένη βιβλιογραφία που υπάρχει σε ότι αφορά τη χρήση ολογραφικών συσκευών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Ήταν μια προσπάθεια να εξεταστεί κατά πόσο μια ολογραφική συσκευή από μόνη της χωρίς να χρησιμοποιείται επιπρόσθετα σε μια ολοκληρωμένη διδασκαλία, μπορεί να επιφέρει θετικά αποτελέσματα στη μάθηση αλλά και να ενισχύσει το ενδιαφέρον των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, ερευνήθηκε η αποτελεσματικότητα της συσκευής, η οποία χρησιμοποιήθηκε στο πεδίο της Ιστορίας και μελετήθηκε συγκριτικά με τη χρήση Η/Υ. Το περιεχόμενο του ψηφιακού υλικού το οποίο σχετιζόταν με τεχνουργήματα του Αρχαίου Ελληνικού και του Αρχαίου Αιγυπτιακού πολιτισμού φαίνεται να μην έχει χρησιμοποιηθεί σε μαθητές δημοτικού ενώ μία μόνο έρευνα βρέθηκε που να χρησιμοποιεί ολογραφική συσκευή με περιεχόμενο 3D μοντέλων αρχαίων τεχνουργημάτων στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Παρόλο αυτά, τα ως τώρα θετικά αποτελέσματα της χρήσης ολογραμμάτων σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης καθιστούν αναγκαία της περαιτέρω μελέτη της τεχνολογίας των ολογραμμάτων στις σχολικές τάξεις.

Η συγκεκριμένη συσκευή που χρησιμοποιήθηκε έχει διερευνηθεί μόνο από μία έρευνα στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση, όμως όλες οι ολογραφικές συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν ως τώρα εμπειρείαν διδακτικό σενάριο και καμία δε χρησιμοποιήθηκε μεμονωμένα συγκριτικά σε άλλα μέσα διδασκαλίας. Για το λόγο αυτό η παρούσα έρευνα είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς ανοίγει νέους δρόμους διερεύνησης της αποτελεσματικότητας της συγκεκριμένης συσκευής αλλά και της τεχνολογίας των ολογραμμάτων γενικότερα στην εκπαίδευση. Η εφαρμογή της τεχνολογίας ολογραμμάτων καθώς ενισχύουν τις γνωστικές ικανότητες των μαθητών δείχνει πως έχει την δυναμική να προωθήσει ωφέλιμες εκπαιδευτικές αλλαγές προσαρμοσμένες στις σύγχρονες ανάγκες των μαθητών.

Μία ακόμη προσφορά της έρευνας είναι η ανάπτυξη πρωτότυπου εκπαιδευτικού ψηφιακού περιεχομένου, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διδακτικά αντικείμενα της Ιστορίας. Συγκεκριμένα, οι μαθητές μπορούν να επεξεργαστούν λεπτομέρειες σημαντικών αρχαίων τεχνουργημάτων καθώς τα βίντεο με τα 3D μοντέλα περιστρέφονται αργά και παρέχουν σημαντικές γραπτές πληροφορίες. Η ψηφιοποίηση αρχαίων τεχνουργημάτων σε 3D μοντέλα συμβάλει στην λεγόμενη ψηφιακή κληρονομιά μέσω της οποίας διασώζονται σημαντικά έργα τέχνης όπου άνθρωποι

από όλο τον κόσμο μπορούν να έχουν πρόσβαση σε σημαντικές και πιο ρεαλιστικές πληροφορίες (Reunannen et al., 2015). Τα τεχνουργήματα των δύο αυτών Αρχαίων πολιτισμών που χρησιμοποιήθηκαν ως ψηφιακό υλικό για την προβολή των ολογραμμάτων, αποτελούν έργα πολιτιστικής κληρονομιάς όπου η πρόσβαση στα αυθεντικά αντικείμενα είναι συχνά αδύνατη. Εκτός των άλλων, δόθηκε η ευκαιρία στους μαθητές να συγκρίνουν χαρακτηριστικά αυτών των δύο πολιτισμών όσο τα 3D μοντέλα περιστρέφονταν σε 360° και με αυτόν τον τρόπο να κατανοήσουν περισσότερο τα χαρακτηριστικά που διέπουν τον Αρχαίο Ελληνικό πολιτισμό από ότι τον Αρχαίο Αιγυπτιακό πολιτισμό.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η HLF ολογραφική συσκευή, αποτελεί μία οικονομική και εύχρηστη λύση για όσους επιθυμούν να χρησιμοποιήσουν την τεχνολογία των ολογραμμάτων στην τάξη τους ενώ ο απαραίτητος εξοπλισμός για την αναπαραγωγή των ολογραμμάτων είναι η συσκευή και ένα κινητό τηλέφωνο. Η διαδικασία δημιουργίας των βίντεο προς προβολή αναφέρθηκε αναλυτικά στην 3η ενότητα (Μεθοδολογία και σχεδιασμός) όπου παρέχονται όλες οι πληροφορίες για δημιουργία αντίστοιχου περιεχομένου από άλλους ερευνητές ή εκπαιδευτικούς.

Έχοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, η συγκεκριμένη έρευνα συμβάλει στον τρόπο που διεξάγεται η έως τώρα εκπαιδευτική διαδικασία με τη χρήση νέων τεχνολογιών προσφέροντας περισσότερα κίνητρα για μάθηση στους μαθητές ενώ παράλληλα προσφέρει μεγαλύτερη και ευκολότερη κατανόηση του μαθησιακού περιεχομένου. Παρόλο αυτά, είναι σημαντικό να διενεργηθούν επιπλέον μελέτες που να εξετάζουν τα μαθησιακά αποτελέσματα που επιφέρουν οι συσκευές από μόνες τους χωρίς την παρεμβολή μιας διδασκαλίας έτσι ώστε να αξιολογηθούν ως εκπαιδευτικά εργαλεία όπως έγινε στη συγκεκριμένη περίπτωση.

5.2 Περιορισμοί και προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Είναι σημαντικό να αναφερθούν βασικοί και καθοριστικοί περιορισμοί της παρούσας έρευνας. Οι πιο σημαντικοί περιορισμοί αφορούσαν το ίδιο το περιεχόμενο μάθησης και τις δυσκολίες προσαρμογής του καθώς και περιορισμούς σε ενδεχόμενες οργανωτικές αλλαγές σε κάθε τάξη. Έτσι οι περιορισμοί που σχετίζονται με το περιεχόμενο μάθησης αποτέλεσαν, α) η ποιότητα ανάλυσης των μοντέλων β) ο χρόνος δημιουργίας των 360° βίντεο γ) η ύπαρξη 3D μοντέλων τα οποία παρουσιάζονται με χρώμα στο φόντο δ) το μέγεθος των ολογραμμάτων, ε) η έντονη παρουσία φωτός εντός της τάξης στ) η δυσκολία εύρεσης κατάλληλου σημείου προβολής στην τάξη. Επιπλέον περιορισμοί της έρευνας αποτέλεσαν η δεσμευτική χρήση του διαδικτύου, το κόστος της συσκευής αλλά και ο αριθμός των συμμετεχόντων.

Η ποιότητα των 3D μοντέλων υπήρξε ένας ακόμη περιορισμός σε αυτή την έρευνα καθώς χρήζει βελτίωσης προκειμένου να πλησιάσει τα επίπεδα του ρεαλιστικού. Είναι χαρακτηριστικό πως οι μαθητές την ώρα της διαδικασίας προβολής εξέφρασαν την δυσαρέσκειά τους ως προς την ποιότητα ανάλυσης των μοντέλων. Η διαδικασία δημιουργίας των βίντεο με 3D μοντέλα 360° ήταν σχετικά χρονοβόρα καθώς δεν υπήρχαν αρχικά οι αντίστοιχες γνώσεις χρήσης προγραμμάτων από την ερευνήτρια προκειμένου να δημιουργήσει σε ένα σύντομο χρόνο τα βίντεο. Ακόμη, μετά από μία ενδελεχή αναζήτηση στο διαδίκτυο 3D μοντέλων, διαπιστώθηκε πως τα περισσότερα μοντέλα διέθεταν χρώμα στο φόντο τους. Κάτι τέτοιο επηρέαζε επίσης το εφέ της αιώρησης και έπρεπε να αφαιρεθεί και αντικατασταθεί από μαύρο φόντο. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Adobe Premiere το οποίο απαιτεί γνώσεις γραφιστικής. Επομένως, η διαδικασία αλλαγής φόντου για όποιον δεν κατέχει γραφιστικές γνώσεις είναι σίγουρα δύσκολη ενώ το συγκεκριμένο πρόγραμμα απαιτεί κόστος για την αγορά του.

Εξαιτίας του μικρού μεγέθους της συσκευής HLF υπήρξε αντίστοιχο μικρό μέγεθος του παραγόμενου ολογράμματος. Σε αυτή την περίπτωση θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν συνδυαστικά περισσότερες από μια συσκευές οι οποίες θα μεγιστοποιούσαν το 3D μοντέλο το οποίο θα προβάλλεται στην τάξη. Βέβαια, μια τέτοια διαδικασία αυξάνει ταυτόχρονα και το κόστος καθώς θα πρέπει να υπάρχουν διαθέσιμες παραπάνω από μία συσκευές. Επιπλέον, σε κάθε τάξη υπήρχε σημαντική παρουσία φωτός η οποία περιόριζε σημαντικά την ψευδαίσθηση της αιώρησης του αντικειμένου. Οι τάξεις είναι σημαντικό να διαθέτουν μαύρες κουρτίνες ή κάποιο άλλο τρόπο με τον οποίο θα υπάρχει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη απουσία φωτός ώστε να επιτευχθεί το εφέ της

αιώρησης του αντικειμένου. Ο τελευταίος περιορισμός που σχετίζεται με τη συσκευή HLF είναι το γεγονός ότι υπήρξε δυσκολία ως προς το να βρεθεί ένα κατάλληλο σημείο προβολής όπου όλοι οι μαθητές θα έχουν πρόσβαση στην πληροφορία ενώ την ίδια στιγμή δε θα παρεμβαίνουν άλλα ερεθίσματα που βρίσκονται στη τάξη. Για παράδειγμα, το κατάλληλο σημείο που μπόρεσε να τοποθετηθεί η συσκευή σε όλες τις τάξεις ήταν στο κέντρο και πάνω από τον πίνακα. Όμως, στις περισσότερες περιπτώσεις, γύρω από τους πίνακες υπήρχαν και άλλα ερεθίσματα τα οποία δεν επέτρεπαν την απόλυτη συγκέντρωση των μαθητών στο μαθησιακό περιεχόμενο όπως διάφορες κορνίζες, χάρτες και εργασίες των μαθητών.

Σημαντικοί περιορισμοί της έρευνας αποτελούν ακόμη η αναγκαστική χρήση Wifi καθώς θα πρέπει να συνδεθεί το κινητό τηλέφωνο στην εφαρμογή μέσω wifi. Αυτό συνεπάγεται αυτόματα πως σε περιοχές που δεν είναι σταθερή η σύνδεση του κινητού με το διαδίκτυο, δε θα είναι εφικτή και η διαδικασία προβολής των ολογραμμάτων. Ακόμη, η αγορά της συσκευής απαιτούσε ένα εύλογο κόστος το οποίο παρόλο που δεν είναι εξαιρετικά υψηλό, είναι πιθανό να μην μπορούν να καλύψουν ορισμένες σχολικές μονάδες. Τέλος, ο αριθμός των μαθητών παρόλο που επέτρεπε την αποτελεσματική ανάλυση δεδομένων, θα μπορούσε να είναι μεγαλύτερος έτσι να ισχυροποιήσει ακόμη περισσότερο τα αποτελέσματα.

Μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν τη συγκεκριμένη συσκευή για διδασκαλία σε μικρότερες αλλά και μεγαλύτερες τάξεις. Επίσης, θα ήταν ωφέλιμο οι ερευνητές να χρησιμοποιήσουν διάφορες ολογραφικές συσκευές ως προς ένα διδακτικό αντικείμενο προκειμένου να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα των διαθέσιμων συσκευών ως προς την εκπαιδευτική τους χρησιμότητα. Επίσης, περισσότερα εκπαιδευτικά αλλά και ερευνητικά εργαλεία θα μπορούσαν να διευρύνουν ακόμη περισσότερο τα αποτελέσματα της συγκριμένης έρευνας. Για παράδειγμα, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και άλλοι συμβατικοί τρόποι μάθησης, όπως φύλλα με γραπτό κείμενο ενώ θα μπορούσαν να συμπεριληφθούν ημι-δομημένες ή μη δομημένες συνεντεύξεις των μαθητών. Παράλληλα, η ίδια η συσκευή μπορεί να εξελιχθεί μελλοντικά με την προσθήκη επιπλέον λειτουργιών, όπως για παράδειγμα ο ήχος. Η άποψη αυτή έχει υποστηριχθεί και από τους Hoop et al. (2019). Ακόμη, είναι σημαντικό να διεξαχθούν έρευνες που να χρησιμοποιούν τη συγκεκριμένη συσκευή και παράλληλα να εντάσσουν την τεχνολογία ολογραμμάτων σε ένα πλήρες διδακτικό πακέτο. Μια ακόμη ερευνητική πρόταση είναι η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας της συσκευής σε διαφορετικά θεματικά πεδία και η σύγκριση των αποτελεσμάτων. Είναι πιθανό η χρήση της

συγκεκριμένης συσκευής να είναι περισσότερο ωφέλιμη ή και καθόλου ανάλογα με το μαθησιακό περιεχόμενο.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να διερευνήσει το κατά πόσο μια ολογραφική συσκευή όπως η συσκευή Holographic Led Fan μπορεί να ωφελήσει τους μαθητές να κατανοήσουν πληροφορίες και να διακρίνουν ομοιότητες και διαφορές σε τεχνουργήματα του Αρχαίου Ελληνικού και Αρχαίου Αιγυπτιακού πολιτισμού. Επιπλέον, έγινε μια προσπάθεια να διερευνηθεί κατά πόσο η προβολή των ολογραμμάτων θα παρείχε κίνητρα για μάθηση και θα κινούσε το ενδιαφέρον των μαθητών. Για το σκοπό αυτό, με τη βοήθεια των προγραμμάτων Adobe Premiere, Screencastify και Active Presenter δημιουργήθηκαν βίντεο με 360° 3D μοντέλα τα οποία προβλήθηκαν μέσω της ολογραφικής συσκευής Holographic Led Fan. Η προβολή αυτών των μοντέλων επιτρέπουν στους μαθητές την επεξεργασία του μαθησιακού περιεχομένου σε τρεις διαστάσεις ενώ παράλληλα δημιουργούν την αίσθηση του ρεαλιστικού καθώς φαίνεται να αιωρούνται στον αέρα. Με αυτόν τον τρόπο η εμπειρία γίνεται βιωματική και κινεί το ενδιαφέρον των μαθητών.

Στην έρευνα πήραν μέρος μαθητές της Ε΄ και ΣΤ΄ Δημοτικού. Η ανάλυση των δεδομένων κατέδειξε πως τα μαθησιακά αποτελέσματα και οι επιδόσεις των μαθητών αυξάνονται με τη χρήση της συσκευής HLF σε σύγκριση με τη χρήση του Η/Υ. Στατιστικά σημαντική διαφορά διαπιστώθηκε και στους παράγοντες της διασκέδασης, της αποτελεσματικότητας της μάθησης και των κινήτρων των μαθητών στη χρήση της HLF σε σχέση με τον Η/Υ. Παρόλο αυτά, λόγω των περιορισμών της συγκεκριμένης έρευνας αλλά και της απουσίας άλλων ερευνητικών σχετικών δεδομένων, κρίνεται αναγκαία η περαιτέρω έρευνα στο πεδίο της τεχνολογίας των ολογραμμάτων στην εκπαιδευτική πράξη και κυρίως στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

Δημητρόπουλος Ε. (1983). Εκπαιδευτική Αξιολόγηση, η Αξιολόγηση της Σχολικής Επίδοσης. Θεσσαλονίκη: Εκδ. Πουρνάρα.

Χαρίσης Α. Ε. (2006α). Αξιολόγηση της Σχολικής Μάθησης. Θεσσαλονίκη: Αφοί Κυριακίδη.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Abin, B. (2013). “3D holographic projection technology”, Seminar Report, College of Eng Munnar.

Adamo, Nicoletta & Anasingaraju, Saikiran. (2017). “Holographic Signing Avatars for Deaf Education”. E-Learning, E-Education, and Online Training (pp.54-61)

Aditia, D., Ariatama, S., & Ma’ruf, A. (2020). HISTOGRAM (History In Hologram): Fun Learning Media to Learn Ancient Relics of Indonesia. *Pancaran Pendidikan*, 9 (4).

Ahmad, S.A., (2014). Holography in the Nigerian Education System: Readiness for a Redress, International Conf. on Humanities Sciences and Education, pp. 291-310.

Aina, O. (2010). “Application of Holographic Technology in Education”, Bachelor’s thesis, Kemi-Tornio University of Applied Science.

Ambrosini, D. & Paoletti, D. & Tanda, G. (2005). Measurement of free convection heat transfer coefficient along a rib-roughned vertical surface.

Aris, N. & Orcos, L. (2019). Educational Robotics in the Stage of Secondary Education: Empirical Study on Motivation and STEM Skills. *Education Sciences*. 9. 73. 10.3390/educsci9020073.

Aruanno, B., Garzotto, F. & Covarrubias, M. (2017). “HoloLens-based Mixed Reality Experiences for Subjects with Alzheimer's Disease”. 12th Biannual Conference Projects: HoloLens MR for medical purposes VR/AR for Rehabilitation

- Awad, A. H. and Kharbat, F. F. (2018) 'The first design of a smart hologram for teaching', 2018 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences, ASET 2018. IEEE, pp. 1–4.
- Barkhaya, N. M. M., & Halim, N. D. A. (2016). A Review of Application of 3d Hologram in Education: A Meta-Analysis. IEEE 8th International Conference on Engineering Education: Enhancing Engineering Education Through Academia-Industry Collaboration, ICEED. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 257-260.
- Bayon, V., Wilson, J., Stanton, D., & Boltman, A. (2003). Mixed reality storytelling environments. *Virtual Reality*, 7(1), 54-63.
- Beigzadeh, A.M. (2017). "Modelling of a holographic interferometry based calorimeter for radiation dosimetry". *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A*. **864**: 40–49.
- Benton SA, (1969), Hologram reconstructions with extended incoherent sources, *J. Optical Society of America*, 59: 1545-1546
- Berend, D., Dolev, S., Frenkel, S., & Hanemann, A. (2016). Towards holographic “brain” memory based on randomization and Walsh–Hadamard transformation. *Neural Networks*, 77, 87–94.
- Born, J. and Rasch, B. (2013). About sleep's role in memory. *Physiological Reviews*, 93(2), pp.681-766.
- Bove VM. Engineering for live holographic TV. *SMPTE Motion Imaging Journal*. 2011;120(8):56-60
- Caggianese, G. & Gallo, L. & Neroni, P. (2017). “Evaluation of spatial interaction techniques for virtual heritage applications: A case study of an interactive holographic projection”. *Future Generation Computer Systems*. 81.
- Carbonell, C., Avarvarei, B. V., Chelariu, E. L., Draghia, L., & Avarvarei, S. C. (2017). “Map-reading skill development with 3D technologies”. *The Journal of Geography*, 116(5), 197–205.
- Chang, Y. M., & Lai, C. L. (2018). “Floating Heart" Application of Holographic 3D Imaging in Nursing Education. *International Journal of Nursing Education*, 10(4)

- Chien, Y. H. (2017). Developing a pre-engineering curriculum for 3D printing skills for high school technology education. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(7), 2941–2958.
- Corder, G. W., & Foreman, D. I. (2009). *Nonparametric statistics for non-statisticians: A step-by-step approach*. John Wiley & Sons.
- Cornwall, J. (2016). The ethics of 3D-printing copies of bodies donated for medical education and research: What is there to worry about? *The Australasian Medical Journal*, 8–11.
- Cross, Lloyd G., Cecil Cross. (1992). “HoloStories: Reminiscences and a Prognostication on Holography”, Leonardo, MIT Press.
- Dunn, O. J. (1964). Multiple comparisons using rank sums. *Technometrics*, 6, 241-252.
- Dutheil R., 2006. L’Homme Superlumineux (Sand)
- Eichler, J. P., Ackermann, G. K., Moeller, N., Ohlmann, D., & Schneeweiss-Wolter, C. (2000). . Holography 2000.
- Erickson, S. "Microsoft HoloLens and Volvo Cars explore the future of car buying," ed: Microsoft. November, 2015.
- Faudi, M. & Listyorini, T. (2018). 3D hologram introduction of solar system based on android. AIP Conference Proceedings. AIP Conference Proceedings 1977(1):030008
- Fischnaller, F. & Guidazzoli, Antonella & Imboden, Silvano & De Luca, Daniele & Liguori, Maria & Russo, Alfonsina & Cosentino, Rita & Lucia, Maria. (2015). Sarcophagus of the Spouses Installation Intersection Across Archaeology, 3D Video Mapping, Holographic Techniques Combined with Immersive Narrative Environments and Scenography.
- Fokides, Emmanuel & Atsikpasi, Penelope & Kaimara, Polyxeni & Deliyannis, Ioannis. (2019). Factors Influencing the Subjective Learning Effectiveness of Serious Games. *Journal of Information Technology Education:Research*. 18. 437-466.
- Freeman, D. M. (2010). “Holographic MRI and CT scans of the human body,” Styiles Inc. the Prototypes Design Group.

- Gafur, IA, Zulfarina & Yustina,. (2019). "Mixed Reality Application as a Learning System of Motion Systems using Pyramid Hologram Technology". *Journal of Physics: Conference Series*. 1351. 012077. 10.1088/1742-6596/1351/1/012077.
- Ghuloum, H. (2010). 3D Hologram Technology in Learning Environment.
- Gilakjani, A.P. (2012). A Study on the Impact of Using Multimedia to Improve the Quality of English Language Teaching, *Journal of Language Teaching and Research*, 3(6), pp. 1208-1215.
- Girish, P. (2019). "Holographic Artificial Intelligence Assistance," pp. 230–233
- Golden, S. A. (2017). Augmented 3D holograms in higher education, increasing students' learning outcome scores: A mixed methods study (Order No. 10256536). Available in ProQuest Dissertations & Theses Global. (1873863816)
- Green, C. and Bavelier, D. (2007). Action-Video-Game Experience Alters the Spatial Resolution of Vision. *Psychological Science*, 18(1), pp.88-94
- Guney, A. & Al, S., (2012). Effective Learning Environments in Relation to Different Learning Theories, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*,46, pp. 2334-2338.
- Hackett, M., & Proctor, M. (2018). The effect of autostereoscopic holograms on anatomical knowledge: A randomised trial. *Medical Education*, 52(11), 1147–1155.
- Hariharan, P. (2002) *Basics of holography*. Cambridge university press
- Harper, Galvin D J 2010. *Holography Projects for the Evil Genius*. The McGraw-Hill Companies.
- Hsiao, Hsien-Sheng & Chang, Cheng-Sian & Lin, Chien-Yu & Wang, Yau-Zng. (2013). Weather observers: a manipulative augmented reality system for weather simulations at home, in the classroom, and at a museum. *Interactive Learning Environments*. 24. 1-19.
- Istrate E. and R. J. Dwayne Miller, "Education Programs of the Institute for Optical Sciences at the University of Toronto," in *Education and Training in Optics and Photonics*, OSA Technical Digest Series (CD) (Optical Society of America, 2009), paper ETA5.
- Jeong, T. (2000). "Making holograms in middle and high schools". *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, 223-228.

Jurmain R., Kilgore, L. and Trevathan, Wenda, (2008) "Essential of Physical, Belmont", CA,

Kalarat, K. (2017). The Use Of 3d Holographic Pyramid for the Visualization of Sino-Portuguese Architecture. *Journal of Information System and Technology Management*, 2(5), 18-24.

Kanellidou, M. & Zacharia, Z. (2019). "Visualisations in primary education. Effects on the conceptual understanding of basic astronomy concepts for children up to ten years old". University of Cyprus (CYPRUS) of EDULEARN19 Conference 1st-3rd July 2019, Palma, Mallorca, Spain

Kerstein, R. (2018) 'Life through a HoloLens', *The Bulletin of the Royal College of Surgeons of England*, 100(8), p. 333.

Khan, C., & Greenway A. (2013). "Underwood," A real-space interactive holographic display based on a large-aperture HOE," 2013.

Khan, A., Mavers, S. & Osborne, M. (2020). "Learning by Means of Holograms". Conference: Society for Information Technology & Teacher Education International Conference, Apr 07, At: New Orleans

Kim, Y. & Lee, D. (2020). "3D Hologram Learning Kit Development for Elementary Education". 10.1007/978-3-030-50506-6_32.

Kirkorian, H., Wartella, E. & Anderson, D. (2008). "Media and Young Children's Learning". *The Future of children / Center for the Future of Children, the David and Lucile Packard Foundation*. 18. 39-61.

Krakovsky, M. (2016). Bringing Holography to Light. *Communications of the ACM*, Vol. 59 No.10, Pages 13-15. <https://cacm.acm.org/magazines/2016/10/207760-bringing-holography-to-light/fulltext>

Leder, H., B. Belke, A. Oeberst, and D. Augustin. A model of aesthetic appreciation and aesthetic judgments. *British Journal of Psychology* 95, 4, 489- 508. 2004. Retrieved November 2, 2016 from http://echo.iat.sfu.ca/library/bell_02_museum_ecology.pdf.

Lee, H. (2013). "3D Holographic Technology and Its Educational Potential". *Teach Trends* 2013, 57, 34–39.

Leonardo. (2001). "New Media Dictionary: Terms-Part 4: Holography", Leonardo, Editor:Louise Poissant, *Journal of the International Society for the Arts, Science and Technology*, Massachusetts Institute of Technology-MIT Press, Vol. 34, No.4, p.370- 380.

Liu, Y.Z.; Pang, X.N.; Jiang, S.; Dong, J.W. Viewing-angle enlargement in holographic augmented reality using time division and spatial tiling. *Opt. Express* 2013, 21, 12068–12076.

Loh & Shahrudin, Siti. (2019). Accuracy Performance and Potentiality of Real-Time Avatar Lip Sync Animation in Different Languages. *International Journal of Recent Technology and Engineering*. 7. 57-66.

Lohning, A. E., Hall, S., & Dukie, S. (2019). "Enhancing understanding in biochemistry using 3D printing and cheminformatics technologies: A student perspective". *Journal of Chemical Education*, 96(11), 2497–2502.

Luevano, L., Lopez L., E., & Quintero, H. (2019). Professor Avatar Holographic Telepresence Model. *Holographic Materials and Applications*.

Marulli, F. & Vallifuoco, L. (2017). "Internet of things for driving human-like interactions: a case study for cultural smart environment".1-9

Matišák J., M. Rábek, and K. Žáková, "Use of Holographic Technology in Online Experimentation," in 2019 Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS), 2019, pp. 921-924

Mayer, R. (2002). Multimedia learning. In B. Ross (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 41, pp. 85–139). San Diego, CA: Academic Press

Monnin, K. *Teaching Graphic Novels: Practical Strategies for the Secondary ELA Classroom*, Maupin House Publication, Gainesville, FL, 2010

Nicholson, Ana Maria. (2009). "Holography: A Love Story", <http://66.39.59.128/AnaMariaNicholsonPaper.pdf>

- Okulu, H. Z., & Unver, A. O. (2016). Bring Cosmos Into The Classroom: 3d Hologram. *Education Research Highlights in Mathematics, Science And Technology 2016*. ISRES Publishing; United States.
- Orlov, V. V., & Pavlov, A. V. (2015). On modeling of the biological memory associative properties by the volume superimposed holograms technique. *Radiophysics and Quantum Electronics*, 57(8–9), 627–634.
- Paas, F., van Gog, T., & Sweller, J. (2010). Cognitive load theory: New conceptualizations, specifications, and integrated research perspectives. *Educational Psychology Review*, 22(2), 115–121.
- Pepper, A. T. (1994). Single-beam recording system for creative holography and education. *Holographic Imaging and Materials*.
- Pradeep, K. L. (2016). “A Study on Enhancing Virtual Reality Visualization with Hologram Technology and Bio-signal Interactive Architectures”.
- Pribram, K. H. (1991). *Brain and perception: Holonomy and structure in figural processing*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Ramlie, M. K. (2017). “Developing A Low-Cost 3D Hologram For A New Advertising Medium in Klang Valley, Malaysia”. Conference: The 6th International Conference on Social Sciences and Humanities, Malaysia At: Universiti Kebangsaan Malaysia
- Reunanen, M., D’iaz, L. and Horttana, T. (2015). A holistic user-centered approach to immersive digital cultural heritage installations: Case Vrouw Maria. *J. Comput. Cult. Herit.* 7, 4, Article 24.
- Romero, L. A. Diago, J. Shinoda, and I. Hagiwara, “Evaluation of brain models to control a robotic origami arm using holographic neural networks,” *ASME, 39th Mechanisms and Robotic Conf.*, vol 5B, August 2015.
- Roslan, R.K., Ahmad, A. (2017): 3D spatial visualization skills training application for school students using hologram pyramid. *JOIV: Int. J. VisInf.* 1(4), 170–174.
- Ryu, J. & J. Lee (2016). A Study on The Design of Stage and Exhibition Space by Using Pseudo-hologram. *Journal of Architectural Institute of Korea*, 36(2), pp. 1108-1109, 2016.

- Sando, Y., Itoh, M., & Yatagai, T. (2005). Fast calculation method for cylindrical computer-generated holograms. *Optics Express*, 13(5), 1418.
- Saenz, Aaron 2009. Holograms You Can Feel. Singularity Hub. Downloaded October 16, 2010.
- Saxby, G. (2004). "Practical Holography", CRC press, 3rd edition
- Selvi K., S. Prasannah S.R., A. Youdhika, R. Ramprabhu and R. Benny T., "An Overview of Smart Classroom using the Augmented Reality Technology," 2020 6th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS), 2020, pp. 566-570,
- Singh, S. (2015). Two reference beam method for recording transmission or reflection holograms of two different objects with single exposure using three similar transmission gratings. *International Science and Technology Journal of Namibia*, 6, 69-74.
- Salvetti, F. & Bertagni, B. (2016). "Interactive Holograms and Tutorials in Healthcare Education: Case Studies from the e-REAL Experience". *International Journal of Advanced Corporate Learning (iJAC)*.
- Scanlan, C. L, (2012) *Instructional Media: Selection and Use*. Online: <http://www.umdj.edu/idsweb/idst5330/instructional-media.htm>.
- Shoydin, S. (2013). "Application of Denisjuk's holograms in advertising. *Optical Memory and Neural Networks*" 22 (4)
- Siegel, S., & Castellan Jr, N. J. (1988). *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences*. New York: McGraw-Hill.
- Sil'en, C., Wirell, S., Kvist, J., Nylander, E., & Smedby, O. (2008). Advanced 3D visualization in student-centred medical education. *Medical Teacher*, 30(5), e115–124.
- Sloman, S. A. & Fernbach, P. M. (2017). *The Knowledge Illusion: Why We Never Think Alone*. Riverhead Books: New York.
- Sudeep, U. (2013). Use of 3D Hologram Technology in Engineering Education. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 62-67.

Sulton, & Prihatmoko, Y. (2020) "Student Perception About 3D Object from Hologram Pyramid for Learning" Conference: 1st International Conference on Information Technology and Education (ICITE 2020)

Taber, K. S. (2018). The use of Cronbach's alpha when developing and reporting research instruments in science education. *Research in Science Education*, 48(6), 1273-1296

Tayeh, R. & Issa, R. (2020). "Interactive Holograms for Construction Coordination and Quantification". *Journal of Management in Engineering*. 36 (6).

Thange, R., Sugdare, V. Kaudare, & V. Jain (2016). Interactive Holograms using Pepper Ghost Pyramid. *International Journal for Scientific Research & Development*, Vol. 4, No. 1, pp. 1221-1224.

Tokan, M. & Imakulata, M. (2019). The effect of motivation and learning behaviour on student achievement. *South African Journal of Education*. 39. 1-8.

Tomi, B. A. and Rambli, D.R.A. (2013) An Interactive Mobile Augmented Reality Magical Playbook: Learning Number with the Thirsty Crow. *Procedia Comput. Sci.*, 25, 123-130.

Tsiampa, Athanasia & Skolariki, Konstantina. (2018). "Holographic Reality In Education: The Future of an Innovative Classroom". Conference: 15th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2018).

Tsuei, M. "Using synchronous peer tutoring system to promote elementary students' learning in mathematics," *Computers & Education*, vol. 58, pp. 1171-1182, 2012.

Tung H. Jeong, Lake Forest College, Lake Forest Illinois, "Fundamentals of photonics", Wiley publication, 2nd edition, February, 2007, pp. 381-417

Upadhye, S. (2013). "Use of 3D hologram technology in engineering education," *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 62-67.

Vandenbosch, F. J. Meijboom, J. S. Mcghie, and M. L. Simoons, "Dynamic 3D echocardiography in virtual reality" *BioMed Central Ltd.*, in press, 2005.

Walker, R.A. Holograms as teaching agents. In *Journal of Physics: Conference Series*; IOP Publishing: London, UK, 2013; Volume 415, p. 012076

Wójcik, M. (2018). "Holograms in libraries – the potential for education, promotion and services", *Library Hi Tech*, Vol. 36 Issue: 1, pp.18-28

Williams, E. G., & Clement, J. J. (2014). Identifying multiple levels of discussion-based teaching strategies for constructing scientific models. *International Journal of Science Education*, 37(1), 82–107.

Yong, X., Shan, W., Cao, X. & Feng, Q. (2012). “Analysis and comparison of holographic and traditional digital image watermarking in DWT” Conference: Computer Science & Education (ICCSE), 7th International Conference, 790-793.

Zhu, E., Hadadgar, A., Masiello, I., & Zary, N. (2014). Augmented reality in healthcare education: An integrative review. *Peer J*, 2014(1).

Παράρτημα Ι.

Φύλλο αξιολόγησης

Αρχαία Ελληνικά και Αρχαία Αιγυπτιακά αγάλματα

Όνομα

Οδηγίες: Διάβασε **προσεκτικά** τις παρακάτω ερωτήσεις. Στη συνέχεια, κύκλωσε την σωστή απάντηση. Σε κάθε ερώτηση σωστή απάντηση είναι **μόνο μία**.

1) Οι βόστυχοι σε ένα άγαλμα είναι.....

- A) αντικείμενα λατρείας που κρατούν στα χέρια
- B) ονομασία από τις μπούκλες των μαλλιών
- Γ) κοσμήματα που φορούν στο λαιμό

2) Ποιο από τα παρακάτω είναι αρχαίο αιγυπτιακό άγαλμα;

- A) ο Κούρος
- B) ο Όσιρις
- Γ) η Κόρη

3) Ποια ομοιότητα έχει το γυναικείο αιγυπτιακό άγαλμα με το γυναικείο ελληνικό;

- A) ίδια ενδυμασία
- B) φανερώνουν κίνηση
- Γ) κρατάνε κάποιο αντικείμενο στα χέρια
- Δ) όλα τα παραπάνω

4) Ο Όσιρις κρατά στα χέρια του....

- 1) Μαστίγιο και συμβολικό κλειδί
- 2) Σκήπτρο και μαστίγιο
- 3) Σκήπτρο και συμβολικό κλειδί

5) Τι κρατά με το χέρι στο στήθος το αιγυπτιακό γυναικείο άγαλμα;

A) νούφαρο

B) λουλούδι πάπυρου

Γ) τίποτα

6) Το ελληνικό γυναικείο άγαλμα φορά στο λαιμό περίτεχνο κολιέ.

A) Σωστό

B) Λάθος

7) Χαρακτηριστικά του αγάλματος του Κούρου, αποτελούν.....

A) μεγάλα μάτια

B) γυμνασμένο σώμα

Γ) γυμνό σώμα

Δ) το B και Γ

E) το A, B και Γ

8) Σε ποια από τα αγάλματα υπάρχει σχετική περιγραφή στο πίσω μέρος;

A) στα ελληνικά

B) στα αιγυπτιακά

Γ) και στα δύο

9) Ποιο από τα αγάλματα διαθέτει μούσι;

A) Στον Κούρο

B) Στον Όσιρη

Γ) και στα δύο

Δ) σε κανένα

10) Ο Όσιρις φορά....

- A) ενδυμασία της εποχής
- B) νεκρικό σάβανο
- Γ) τίποτα

11) Το άγαλμα της Κόρης απεικονίζει πολυτελή ενδυμασία.

- A) Σωστό
- B) Λάθος

12) Ποια διαφορά έχει το άγαλμα του Κούρου με το άγαλμα του Όσιρη

- A) ο Κούρος έχει γυμνό σώμα ενώ ο Όσιρις ντυμένο
- B) Ο Όσιρις έχει γυμνό σώμα ενώ ο Κούρος ντυμένο
- Γ) Ο Όσιρις έχει ίσια μακριά μαλλιά ενώ ο Κούρος έχει μπούκλες
- Δ) Ο Κούρος έχει ίσια μακριά μαλλιά ενώ ο Όσιρις έχει μπούκλες

13) Ποια ομοιότητα έχει το άγαλμα του Κούρου με το άγαλμα του Όσιρη

- A) είδος μαλλιών
- B) ελαφρύ χαμόγελο
- Γ) ενδυμασία

14) Ποια διαφορά έχει το ελληνικό γυναικείο άγαλμα από το αιγυπτιακό γυναικείο;

- A) το ελληνικό άγαλμα έχει περισσότερα κολιέ
- B) το ελληνικό άγαλμα φορά πολυτελή ενδυμασία
- Γ) και τα δύο

15) Μια ομοιότητα του ελληνικού με το αιγυπτιακό άγαλμα είναι....

- A) η ενδυμασία
- B) τα σγουρά μαλλιά
- Γ) τίποτα από τα παραπάνω

Φύλλο Αξιολόγησης

Αρχαία Ελληνικά και Αιγυπτιακά αγγεία

Όνομα:

Οδηγίες: Διάβασε **προσεκτικά** τις παρακάτω ερωτήσεις. Στη συνέχεια, κύκλωσε την σωστή απάντηση. Σε κάθε ερώτηση σωστή απάντηση είναι **μόνο μία**.

1) Σε ποιο είδος αγγείου υπάρχουν εικονικές αναπαραστάσεις από τη μυθολογία;

- A) στον αμφορέα
- B) στο αιγυπτιακό βάζο
- Γ) στη λήκυθο
- Δ) στον αμφορέα και στη λήκυθο
- E) στο αιγυπτιακό δοχείο

2) Ποιο είδος αγγείου έχει μόνο ένα χερούλι;

- A) ο αμφορέας
- B) η λήκυθος
- Γ) το αιγυπτιακό βάζο
- Δ) το αιγυπτιακό βάζο και η λήκυθος

3) Το αιγυπτιακό δοχείο δεν έχει καμία διακόσμηση

- A) Σωστό
- B) Λάθος

4) Ο αμφορέας είναι μεγάλο αγγείο.

- A) Σωστό
- B) Λάθος

5) Το αιγυπτιακό βάζο έχει σκούρα και κυρίως μαύρα (μελανά) χρώματα διακόσμησης.

A) Σωστό

B) Λάθος

6) Σε ποιο ή ποια από τα παρακάτω απεικονίζεται ο ρουχισμός της εποχής;

A) στον αμφορέα και το αιγυπτιακό βάζο

B) στη λήκυθο και τον αμφορέα

Γ) στο αιγυπτιακό βάζο

Δ) σε κανένα

7) Ποιο ή ποια από τα παρακάτω έχουν δύο χερούλια;

A) ο αμφορέας

B) το αιγυπτιακό δοχείο

Γ) το αιγυπτιακό βάζο

Δ) όλα τα παραπάνω

8) Η λήκυθος έχει σκούρα και κυρίως μαύρα (μελανά) χρώματα διακόσμησης.

A) Σωστό

B) Λάθος

9) Το στόμιο στη λήκυθο είναι μεγάλο.

A) Σωστό

B) Λάθος

10) Το αιγυπτιακό δοχείο.....

A) δεν έχει διακόσμηση

- B) έχει έντονη διακόσμηση
- Γ) έχει διακόσμηση από ανθρώπινη φιγούρα

11) Μία διαφορά του αμφορέα με τη λήκυθο είναι...

- A) στο στόμιο και στα χερούλια
- B) στο στόμιο, το μέγεθος και τα χερούλια
- Γ) στο στόμιο

12) Μια ομοιότητα μεταξύ του αιγυπτιακού βάζου και του αμφορέα είναι ότι...

- A) έχουν έντονα ζωηρά χρώματα (όπως κίτρινο, κόκκινο, μπλε)
- B) έχουν αναπαραστάσεις από τα ίδια λουλούδια
- Γ) έχουν αναπαραστάσεις από γεγονότα της εποχής

13) Το αιγυπτιακό βάζο έχει διακοσμητικά λουλούδια που είναι...

- A) πάπυροι
- B) νούφαρα
- Γ) μαργαρίτες

14) Μια ομοιότητα μεταξύ του αιγυπτιακού δοχείου και της ληκύθου είναι ότι...

- A) παρουσιάζεται ανθρώπινη φιγούρα
- B) υπάρχουν δύο χερούλια
- Γ) χρησιμοποιούνται ίδια χρώματα

15) Μια διαφορά μεταξύ του αμφορέα και του αιγυπτιακού βάζου είναι η επιλογή των χρωμάτων.

- A) Σωστό
- B) Λάθος

Φύλλο αξιολόγησης

Αρχαίοι Ελληνικοί και Αρχαίοι Αιγυπτιακοί ναοί και κίονες

Όνομα

Οδηγίες: Διάβασε **προσεκτικά** τις παρακάτω ερωτήσεις. Στη συνέχεια, κύκλωσε την σωστή απάντηση. Σε κάθε ερώτηση σωστή απάντηση είναι **μόνο μία**.

1) Το πάνω μέρος του δωρικού κίονα ονομάζεται....

- A) στηλοβάτης
- B) κιονόκρανο
- Γ) ευθυνητήρια

2) Οι ραβδώσεις του δωρικού κίονα είναι ...

- A) επίπεδες
- B) οξείες
- Γ) οριζόντιες
- Δ) δεν έχει ραβδώσεις

3) Το κάτω μέρος του δωρικού κίονα ονομάζεται...

- A) κιονόκρανο
- B) ευθυνητήρια
- Γ) στηλοβάτης

4) Ο δωρικός κίονας στηρίζεται στο σύνολό του

- A) Στον στηλοβάτη
- B) Στην ευθυνητήρια
- Γ) και στα δύο

5) Ο αιγυπτιακός κίονας είναι διακοσμημένος με....

- A) ζωγραφισμένα ιερογλυφικά,
- B) τελετουργικές εικόνες
- Γ) φυσικά μοτίβα
- Δ) όλα τα παραπάνω

6) Ο αιγυπτιακός κίονας διαφέρει από τον ελληνικό δωρικό ως προς...

- A) το χρώμα
- B) τη διακόσμηση
- Γ) και τα δύο

7) Μια ομοιότητα του αιγυπτιακού με τον ελληνικό δωρικό κίονα είναι....

- A) έχουν και οι δύο ραβδώσεις
- B) έχουν και οι δύο κιονόκρανο και στηλοβάτη
- Γ) έχουν και οι δύο κιονόκρανο

8) Ο σηκός είναι....

- A) Ο εσωτερικός χώρος του Παρθενώνα
- B) Ο εξωτερικός χώρος του Παρθενώνα
- Γ) Ο εσωτερικός χώρος του Καρνάκ
- Δ) Ο εξωτερικός χώρος του Καρνάκ

9) Η Γιγαντομαχία στον Παρθενώνα απεικονίζεται στην

- A) ανατολική πλευρά
- B) δυτική πλευρά
- Γ) νότια πλευρά

10) Η Τιτανομαχία στον Παρθενώνα απεικονίζεται στην

- A) ανατολική πλευρά

- B) νότια πλευρά
- Γ) δυτική πλευρά

11) Ο Παρθενώνας είχε.....

- A) 6 κίονες για τις στενές πλευρές και 14 για τις μακρές
- B) 14 κίονες για τις στενές πλευρές και 6 για τις μακρές
- Γ) 14 κίονες για τις στενές πλευρές και 14 για τις μακρές

12) Μια ομοιότητα του ναού του Καρνάκ με τον Παρθενώνα είναι....

- A) οι απεικονίσεις στους κίονες
- B) ότι υπάρχει τουλάχιστον δεύτερη σειρά από κίονες εσωτερικά
- Γ) έχουν κοινό χρώμα

13) Στον Ναό του Καρνάκ υπάρχουν απεικονίσεις από σημαντικά γεγονότα της εποχής

- A) Σωστό
- B) Λάθος

14) Τα κιονόκρανα του ναού του Καρνάκ είναι....

- A) χοντρά
- B) λεπτά
- Γ) δεν έχει κιονόκρανο

15) Διαφορά μεταξύ του ναού του Καρνάκ και του Παρθενώνα είναι...

- A) οι απεικονίσεις στους κίονες
- B) το χρώμα
- Γ) η αρχιτεκτονική
- Δ) όλα τα παραπάνω

Παράρτημα Β.

Ερωτηματολόγιο

Όνομα: _____

Οδηγίες: Διάβασε προσεκτικά τις παρακάτω ερωτήσεις και στη συνέχεια για κάθε ερώτηση κύκλωσε έναν από τους αριθμούς 1, 2, 3, και 4. Η σημασία των αριθμών είναι η εξής: 1=διαφωνώ εντελώς, 2=διαφωνώ, 3=συμφωνώ, 4=συμφωνώ απόλυτα.

Πιστεύω ότι η συσκευή Hologram Led Fan(HLF) ήταν διασκεδαστική.	1	2	3	4
Δεν βαρέθηκα ενώ χρησιμοποιούσα την συσκευή HLF.	1	2	3	4
Απόλαυσα τη χρήση της συσκευής HLF.	1	2	3	4
Πραγματικά απόλαυσα τη διαδικασία του μαθήματος με την συσκευή HLF.	1	2	3	4
Ένωσα χαρούμενος/η που ασχολήθηκα με την συσκευή HLF.	1	2	3	4
Ένωσα ότι η συσκευή HLF διευκολύνει τον τρόπο που μαθαίνω.	1	2	3	4
Η συσκευή HLF ήταν πολύ πιο εύκολος τρόπος να μάθω σε σχέση με το συνηθισμένο τρόπο διδασκαλίας.	1	2	3	4
Η συσκευή HLF έκανε τη μάθηση πιο ενδιαφέρουσα.	1	2	3	4
Ένωσα ότι η συσκευή HLF αύξησε τις γνώσεις μου.	1	2	3	4

Ένωσα ότι κατάλαβα τα βασικά στοιχεία αυτών που διδάχθηκα μέσω της συσκευής HLF .	1	2	3	4
Πιστεύω ότι ήταν εύκολο να μάθω πως να χρησιμοποιώ την συσκευή HLF.	1	2	3	4
Η συσκευή HLF δεν ήταν καθόλου περίπλοκη.	1	2	3	4
Φαντάζομαι ότι οι περισσότεροι θα μάθουν να χρησιμοποιούν την συσκευή HLF γρήγορα.	1	2	3	4
Δεν χρειάστηκε να μάθω πολλά πράγματα για να μπορέσω να χρησιμοποιήσω την συσκευή HLF.	1	2	3	4
Δεν χρειαζόμουν βοήθεια από κάποιον/α ώστε να χρησιμοποιήσω την συσκευή HLF γιατί ήταν εύκολο να καταλάβω πως να το ελέγχω.	1	2	3	4
Ήταν εύκολο για εμένα να γίνω επιδέξιος/α στη χρήση της συσκευής HLF.	1	2	3	4
Θέλω να μάθω περισσότερα σχετικά με όσα είδα με την συσκευή HLF.	1	2	3	4
Παρακινήθηκα να διαβάσω παραπάνω ή να ερευνήσω τα θέματα που παρουσιάστηκαν με την συσκευή HLF.	1	2	3	4
Η συσκευή HLF με παρακίνησε να μάθω.	1	2	3	4

Ερωτηματολόγιο

Όνομα: _____

Οδηγίες: Διάβασε προσεκτικά τις παρακάτω ερωτήσεις και στη συνέχεια για κάθε ερώτηση κύκλωσε έναν από τους αριθμούς 1, 2, 3, και 4. Η σημασία των αριθμών είναι η εξής: 1=διαφωνώ εντελώς, 2=διαφωνώ, 3=συμφωνώ, 4=συμφωνώ απόλυτα.

Πιστεύω ότι τα βίντεο ήταν διασκεδαστικά.	1	2	3	4
Δεν βαρέθηκα ενώ χρησιμοποιούσα τα βίντεο.	1	2	3	4
Απόλαυσα τη χρήση των βίντεο.	1	2	3	4
Πραγματικά απόλαυσα τη διαδικασία του μαθήματος με τα βίντεο.	1	2	3	4
Ένιωσα χαρούμενος/η που ασχολήθηκα με τα βίντεο.	1	2	3	4
Ένιωσα ότι τα βίντεο διευκολύνουν τον τρόπο που μαθαίνω.	1	2	3	4
Τα βίντεο ήταν πολύ πιο εύκολος τρόπος να μάθω σε σχέση με το συνηθισμένο τρόπο διδασκαλίας.	1	2	3	4
Τα βίντεο έκαναν τη μάθηση πιο ενδιαφέρουσα.	1	2	3	4
Ένιωσα ότι τα βίντεο αύξησαν τις γνώσεις μου.	1	2	3	4

Ένωσα ότι κατάλαβα τα βασικά στοιχεία αυτών που διδάχθηκα μέσω των βίντεο.	1	2	3	4
Πιστεύω ότι ήταν εύκολο να μάθω πως να χρησιμοποιώ τα βίντεο.	1	2	3	4
Τα βίντεο δεν ήταν καθόλου περίπλοκα.	1	2	3	4
Φαντάζομαι ότι οι περισσότεροι θα μάθουν να χρησιμοποιούν τα βίντεο γρήγορα.	1	2	3	4
Δεν χρειάστηκε να μάθω πολλά πράγματα για να μπορέσω να χρησιμοποιήσω τα βίντεο.	1	2	3	4
Δεν χρειάζομαι βοήθεια από κάποιον/α ώστε να χρησιμοποιήσω τα βίντεο γιατί ήταν εύκολο να καταλάβω πως να τα ελέγχω.	1	2	3	4
Ήταν εύκολο για εμένα να γίνω επιδέξιος/α στη χρήση των βίντεο.	1	2	3	4
Θέλω να μάθω περισσότερα σχετικά με όσα είδα με τα βίντεο.	1	2	3	4
Παρακινήθηκα να διαβάσω παραπάνω ή να ερευνήσω τα θέματα που παρουσιάστηκαν με τα βίντεο.	1	2	3	4
Τα βίντεο με παρακίνησαν να μάθω.	1	2	3	4

Παράρτημα III.

Descriptives

Notes

Output Created		06-DEC-2021 17:22:10
Comments		
Input	Data	Untitled1.sav
	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	Method
	N of Rows in Working Data File	
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	All non-missing data are used.
Syntax		DESCRIPTIVES VARIABLES=TestAVG EnjAVG EffAVG EaseVG MotAVG /STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.
Resources	Processor Time	00:00:00.02
	Elapsed Time	00:00:00.02

Method = 1

Descriptive Statistics^a

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
TestAVG	69	56.67	98.33	80.4097	10.45259
EnjAVG	69	2.00	4.00	3.4029	.37806
EffAVG	69	2.60	4.00	3.2377	.29759
EaseAVG	69	2.50	4.00	3.3596	.30214
MotAVG	69	2.33	4.00	3.4112	.34952
Valid N (listwise)	69				

a. Method = 1

Method = 2

Descriptive Statistics^a

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
TestAVG	69	38.33	96.67	72.9710	12.12582
EnjAVG	69	1.20	3.40	1.9884	.41992
EffAVG	69	2.00	3.60	2.6058	.38649
EaseAVG	69	2.50	4.00	3.7457	.30149
MotAVG	69	1.00	2.67	1.7546	.33181
Valid N (listwise)	69				

a. Method = 2

Explore

Notes

Output Created		06-DEC-2021 17:22:22
Comments		
Input	Data	Untitled1.sav
	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	138
	Missing Value Handling	Definition of Missing
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any dependent variable or factor used.

Syntax		EXAMINE VARIABLES=TestAVG EnjAVG EffAVG EaseVG MotAVG BY Method /PLOT BOXPLOT HISTOGRAM NPLOT SPREADLEVEL /COMPARE GROUPS /STATISTICS DESCRIPTIVES EXTREME /CINTERVAL 95 /MISSING LISTWISE /NOTOTAL.
Resources	Processor Time	00:00:18.73
	Elapsed Time	00:00:18.28

Method

Case Processing Summary

		Cases					
		Valid		Missing		Total	
	Method	N	Percent	N	Percent	N	Percent
TestAVG	1	69	100.0%	0	0.0%	69	100.0%
	2	69	100.0%	0	0.0%	69	100.0%

EnjAVG	1	69	100.0%	0	0.0%	69	100.0%
	2	69	100.0%	0	0.0%	69	100.0%
EffAVG	1	69	100.0%	0	0.0%	69	100.0%
	2	69	100.0%	0	0.0%	69	100.0%
EaseAVG	1	69	100.0%	0	0.0%	69	100.0%
	2	69	100.0%	0	0.0%	69	100.0%
MotAVG	1	69	100.0%	0	0.0%	69	100.0%
	2	69	100.0%	0	0.0%	69	100.0%

Descriptives

Method		Statistic	Std. Error	
TestAVG	1	Mean	80.4097	1.25834
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	77.8987
			Upper Bound	82.9207
		5% Trimmed Mean	80.7330	
		Median	83.3300	
		Variance	109.257	
		Std. Deviation	10.45259	
		Minimum	56.67	
		Maximum	98.33	
		Range	41.66	
		Interquartile Range	15.00	
		Skewness	-.561	.289
		Kurtosis	-.757	.570

	2	Mean		72.9710	1.45978
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	70.0581	
			Upper Bound	75.8840	
		5% Trimmed Mean		73.4984	
		Median		73.3300	
		Variance		147.035	
		Std. Deviation		12.12582	
		Minimum		38.33	
		Maximum		96.67	
		Range		58.34	
		Interquartile Range		16.66	
		Skewness		-.638	.289
		Kurtosis		.425	.570
EnjAVG	1	Mean		3.4029	.04551
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	3.3121	
			Upper Bound	3.4937	
		5% Trimmed Mean		3.4225	
		Median		3.4000	
		Variance		.143	
		Std. Deviation		.37806	
		Minimum		2.00	
		Maximum		4.00	
		Range		2.00	
		Interquartile Range		.40	
		Skewness		-.896	.289

		Kurtosis	2.013	.570
2		Mean	1.9884	.05055
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	1.8875
			Upper Bound	2.0893
		5% Trimmed Mean	1.9646	
		Median	1.8000	
		Variance	.176	
		Std. Deviation	.41992	
		Minimum	1.20	
		Maximum	3.40	
		Range	2.20	
		Interquartile Range	.40	
		Skewness	.894	.289
		Kurtosis	1.347	.570
EffAVG	1	Mean	3.2377	.03583
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	3.1662
			Upper Bound	3.3092
		5% Trimmed Mean	3.2308	
		Median	3.2000	
		Variance	.089	
		Std. Deviation	.29759	
		Minimum	2.60	
		Maximum	4.00	
		Range	1.40	
		Interquartile Range	.40	

		Skewness		.411	.289
		Kurtosis		.223	.570
2		Mean		2.6058	.04653
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	2.5130	
			Upper Bound	2.6986	
		5% Trimmed Mean		2.5889	
		Median		2.6000	
		Variance		.149	
		Std. Deviation		.38649	
		Minimum		2.00	
		Maximum		3.60	
		Range		1.60	
		Interquartile Range		.40	
		Skewness		.550	.289
		Kurtosis		.035	.570
EaseAVG	1	Mean		3.3596	.03637
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	3.2870	
			Upper Bound	3.4321	
		5% Trimmed Mean		3.3653	
		Median		3.3300	
		Variance		.091	
		Std. Deviation		.30214	
		Minimum		2.50	
		Maximum		4.00	
		Range		1.50	

		Interquartile Range		.42	
		Skewness		-.239	.289
		Kurtosis		.195	.570
2		Mean		3.7457	.03630
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	3.6732	
			Upper Bound	3.8181	
		5% Trimmed Mean		3.7825	
		Median		3.8300	
		Variance		.091	
		Std. Deviation		.30149	
		Minimum		2.50	
		Maximum		4.00	
		Range		1.50	
		Interquartile Range		.33	
		Skewness		-1.961	.289
		Kurtosis		4.477	.570
MotAVG	1	Mean		3.4112	.04208
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	3.3272	
			Upper Bound	3.4951	
		5% Trimmed Mean		3.4251	
		Median		3.3300	
		Variance		.122	
		Std. Deviation		.34952	
		Minimum		2.33	
		Maximum		4.00	

	Range		1.67	
	Interquartile Range		.34	
	Skewness		-.713	.289
	Kurtosis		.336	.570
2	Mean		1.7546	.03994
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	1.6749	
		Upper Bound	1.8343	
	5% Trimmed Mean		1.7513	
	Median		1.6700	
	Variance		.110	
	Std. Deviation		.33181	
	Minimum		1.00	
	Maximum		2.67	
	Range		1.67	
	Interquartile Range		.33	
	Skewness		.173	.289
	Kurtosis		.939	.570

Extreme Values

Method		Case Number	Value
TestAVG	1	Highest 1	11 98.33
		2	28 95.00
		3	49 95.00
		4	45 93.33

			5	48	93.33
		Lowest	1	31	56.67
			2	39	60.00
			3	27	60.00
			4	59	61.67
			5	57	61.67 ^a
	2	Highest	1	71	96.67
			2	114	93.33
			3	70	90.00
			4	74	88.33
			5	77	88.33 ^b
		Lowest	1	103	38.33
			2	120	45.00
			3	126	46.67
			4	117	46.67
			5	108	46.67
EnjAVG	1	Highest	1	19	4.00
			2	36	4.00
			3	44	4.00
			4	46	4.00
			5	53	4.00 ^c
		Lowest	1	26	2.00
			2	68	2.40
			3	65	2.80
			4	45	2.80

			5	31	2.80 ^d
	2	Highest	1	91	3.40
			2	120	3.20
			3	117	2.80
			4	90	2.60
			5	97	2.60 ^e
		Lowest	1	127	1.20
			2	137	1.40
			3	133	1.40
			4	128	1.40
			5	87	1.40 ^f
EffAVG	1	Highest	1	42	4.00
			2	46	4.00
			3	11	3.80
			4	22	3.80
			5	23	3.80
		Lowest	1	37	2.60
			2	13	2.60
			3	68	2.80
			4	39	2.80
			5	9	2.80 ^d
	2	Highest	1	117	3.60
			2	120	3.60
			3	91	3.40
			4	93	3.40

			5	92	3.20 ^g
		Lowest	1	134	2.00
			2	133	2.00
			3	131	2.00
			4	130	2.00
			5	104	2.00 ^h
EaseAVG	1	Highest	1	1	4.00
			2	11	4.00
			3	9	3.83
			4	30	3.83
			5	50	3.83 ⁱ
		Lowest	1	63	2.50
			2	61	2.67
			3	60	2.83
			4	51	2.83
			5	68	3.00 ^j
	2	Highest	1	70	4.00
			2	71	4.00
			3	73	4.00
			4	74	4.00
			5	75	4.00 ^c
		Lowest	1	133	2.50
			2	137	2.83
			3	135	3.00
			4	138	3.17

			5	136	3.17 ^k
MotAVG	1	Highest	1	44	4.00
			2	46	4.00
			3	48	4.00
			4	66	4.00
			5	1	3.67 ^l
		Lowest	1	35	2.33
			2	68	2.67
			3	6	2.67
			4	2	2.67
			5	64	3.00 ^j
	2	Highest	1	128	2.67
			2	130	2.67
			3	75	2.33
			4	93	2.33
			5	121	2.33
Lowest		1	138	1.00	
		2	135	1.00	
		3	97	1.00	
		4	136	1.33	
		5	126	1.33 ^m	

a. Only a partial list of cases with the value 61.67 are shown in the table of lower extremes.

b. Only a partial list of cases with the value 88.33 are shown in the table of upper extremes.

- c. Only a partial list of cases with the value 4.00 are shown in the table of upper extremes.
- d. Only a partial list of cases with the value 2.80 are shown in the table of lower extremes.
- e. Only a partial list of cases with the value 2.60 are shown in the table of upper extremes.
- f. Only a partial list of cases with the value 1.40 are shown in the table of lower extremes.
- g. Only a partial list of cases with the value 3.20 are shown in the table of upper extremes.
- h. Only a partial list of cases with the value 2.00 are shown in the table of lower extremes.
- i. Only a partial list of cases with the value 3.83 are shown in the table of upper extremes.
- j. Only a partial list of cases with the value 3.00 are shown in the table of lower extremes.
- k. Only a partial list of cases with the value 3.17 are shown in the table of lower extremes.
- l. Only a partial list of cases with the value 3.67 are shown in the table of upper extremes.
- m. Only a partial list of cases with the value 1.33 are shown in the table of lower extremes.

Tests of Normality

	Method	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
TestAVG	1	.153	69	.000	.929	69	.001
	2	.099	69	.092	.963	69	.037
EnjAVG	1	.149	69	.001	.929	69	.001

	2	.180	69	.000	.933	69	.001
EffAVG	1	.174	69	.000	.946	69	.005
	2	.158	69	.000	.948	69	.006
EaseAVG	1	.157	69	.000	.963	69	.041
	2	.277	69	.000	.765	69	.000
MotAVG	1	.249	69	.000	.881	69	.000
	2	.225	69	.000	.895	69	.000

a. Lilliefors Significance Correction

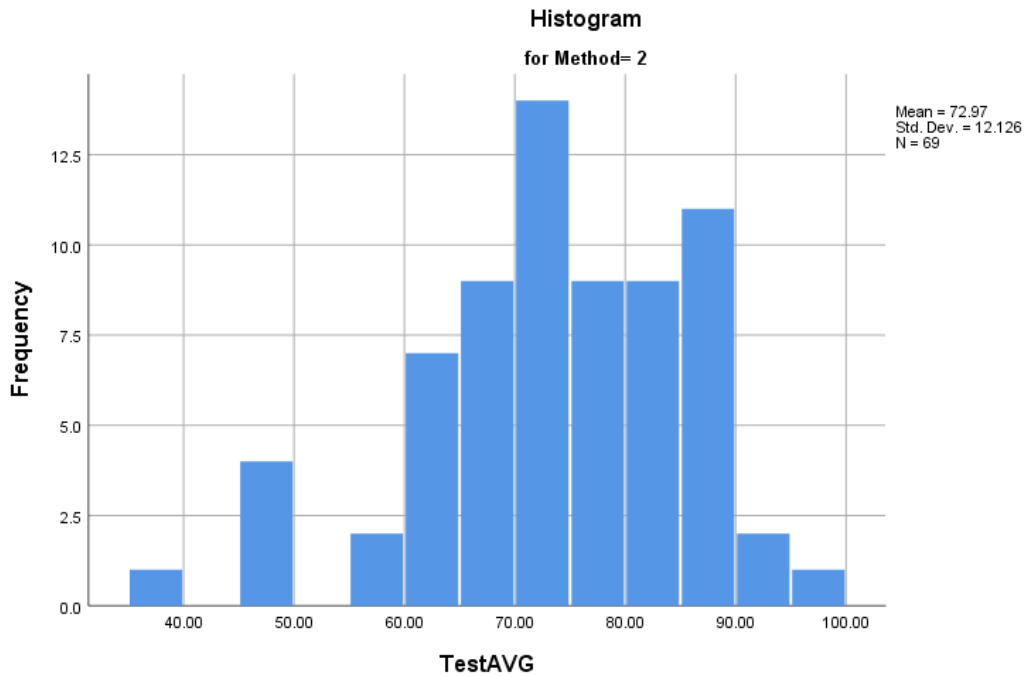
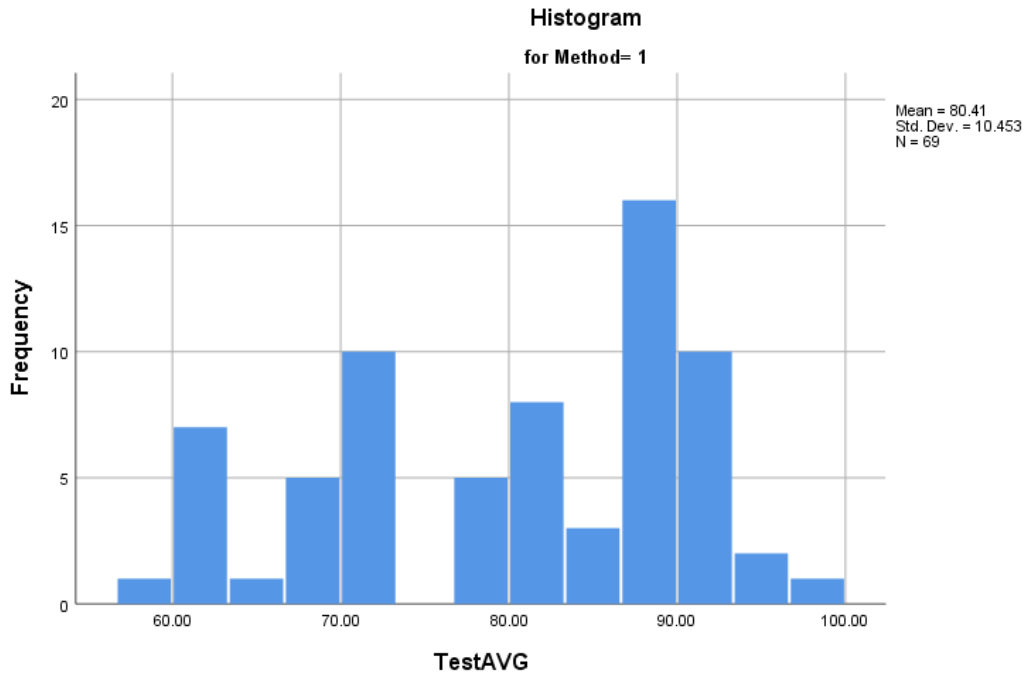
Test of Homogeneity of Variance

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
TestAVG	Based on Mean	.148	1	136	.701
	Based on Median	.359	1	136	.550
	Based on Median and with adjusted df	.359	1	132.650	.550
	Based on trimmed mean	.172	1	136	.679
EnjAVG	Based on Mean	1.204	1	136	.275
	Based on Median	.856	1	136	.356
	Based on Median and with adjusted df	.856	1	128.688	.357
	Based on trimmed mean	1.018	1	136	.315
EffAVG	Based on Mean	3.118	1	136	.080
	Based on Median	3.617	1	136	.059
	Based on Median and with adjusted df	3.617	1	130.137	.059

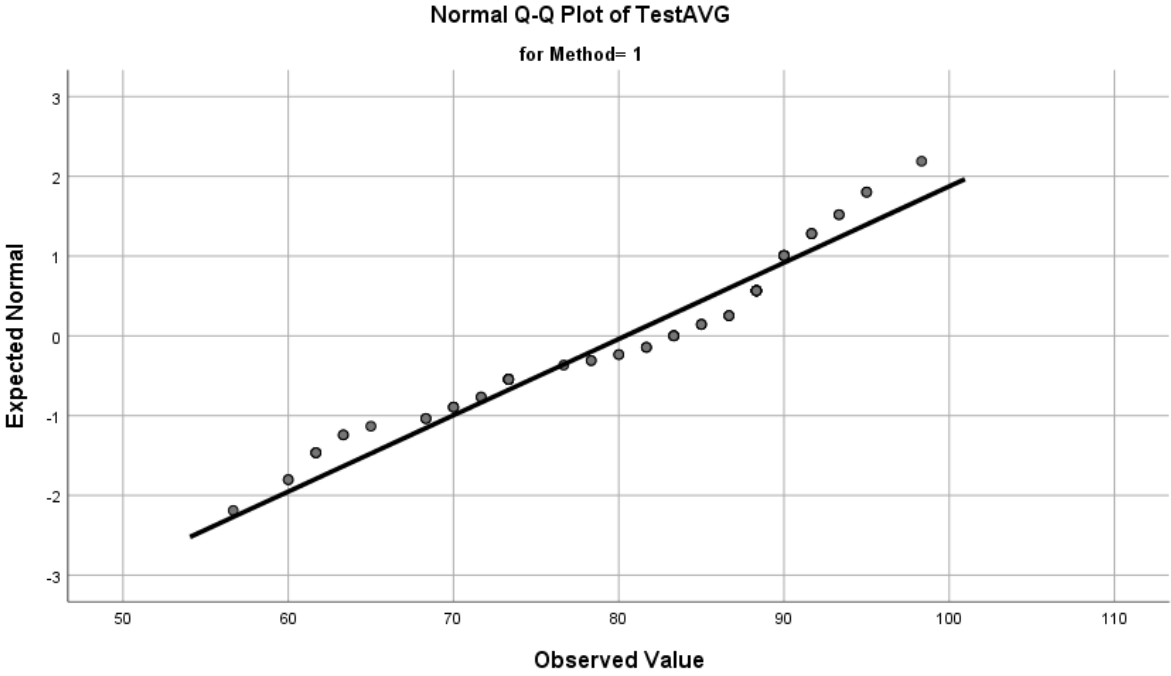
	Based on trimmed mean	3.245	1	136	.074
EaseAVG	Based on Mean	.203	1	136	.653
	Based on Median	.921	1	136	.339
	Based on Median and with adjusted df	.921	1	130.347	.339
	Based on trimmed mean	.667	1	136	.416
MotAVG	Based on Mean	.909	1	136	.342
	Based on Median	1.601	1	136	.208
	Based on Median and with adjusted df	1.601	1	133.567	.208
	Based on trimmed mean	.986	1	136	.323

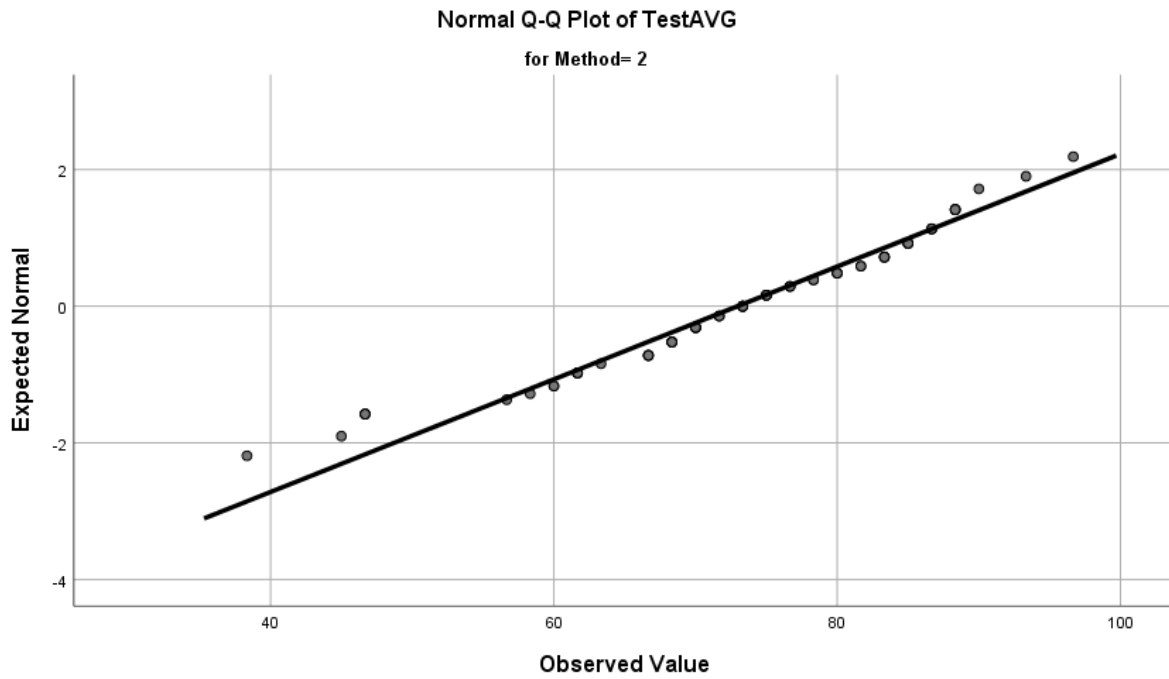
TestAVG

Histograms

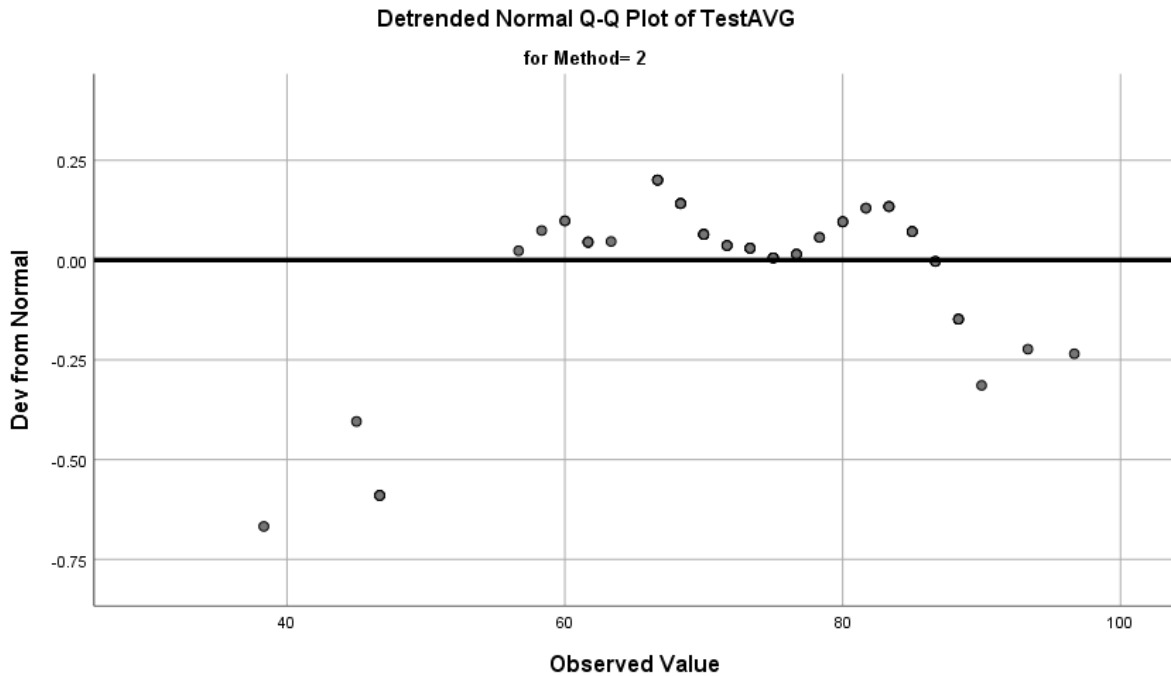
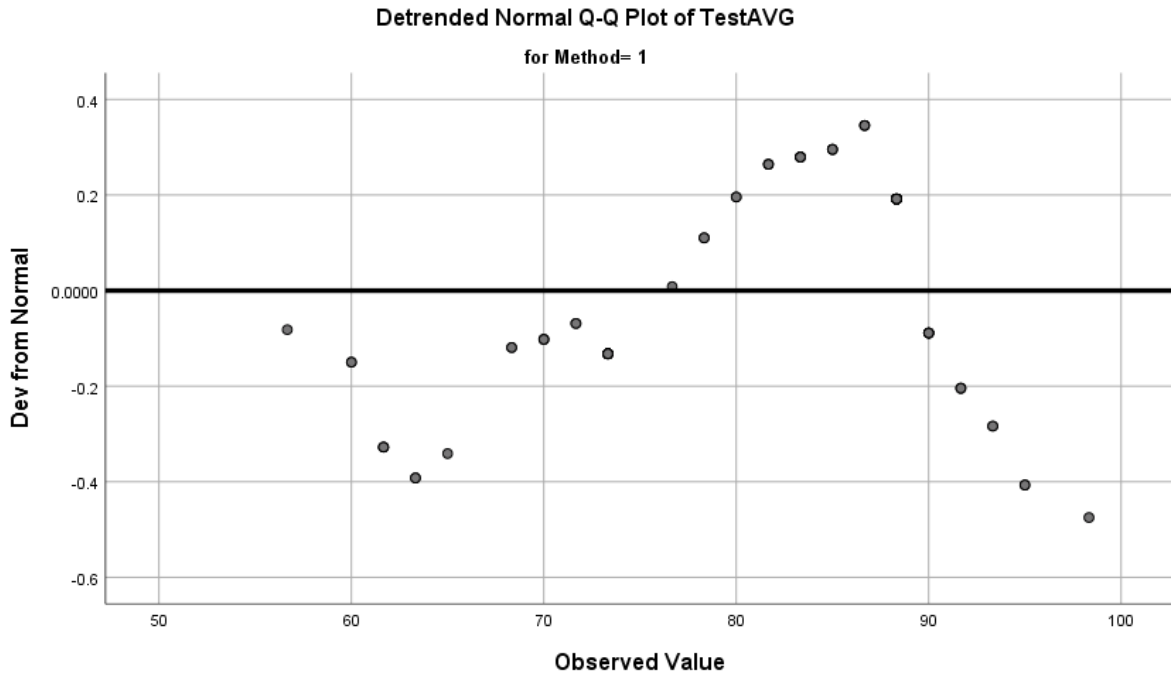


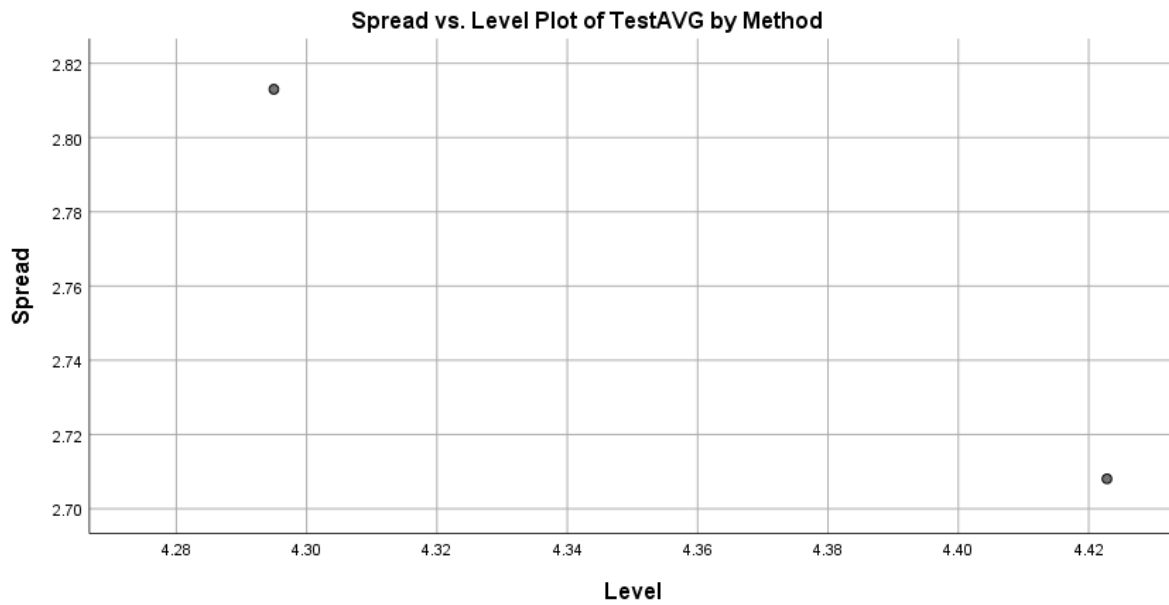
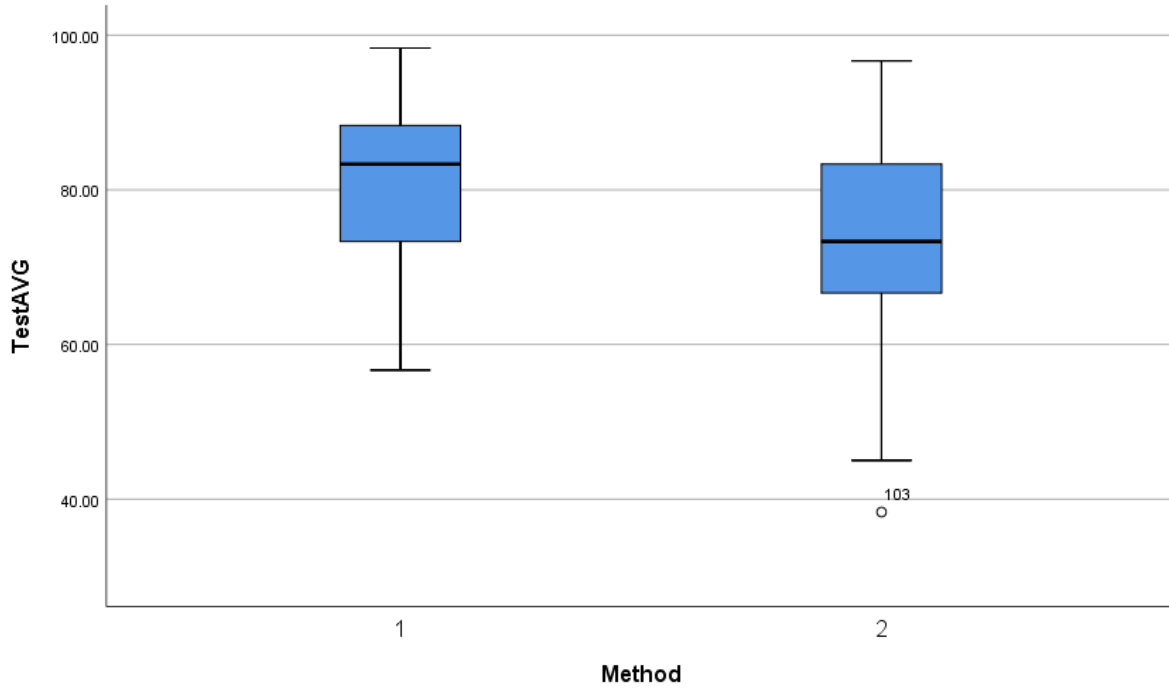
Normal Q-Q Plots





Detrended Normal Q-Q Plots

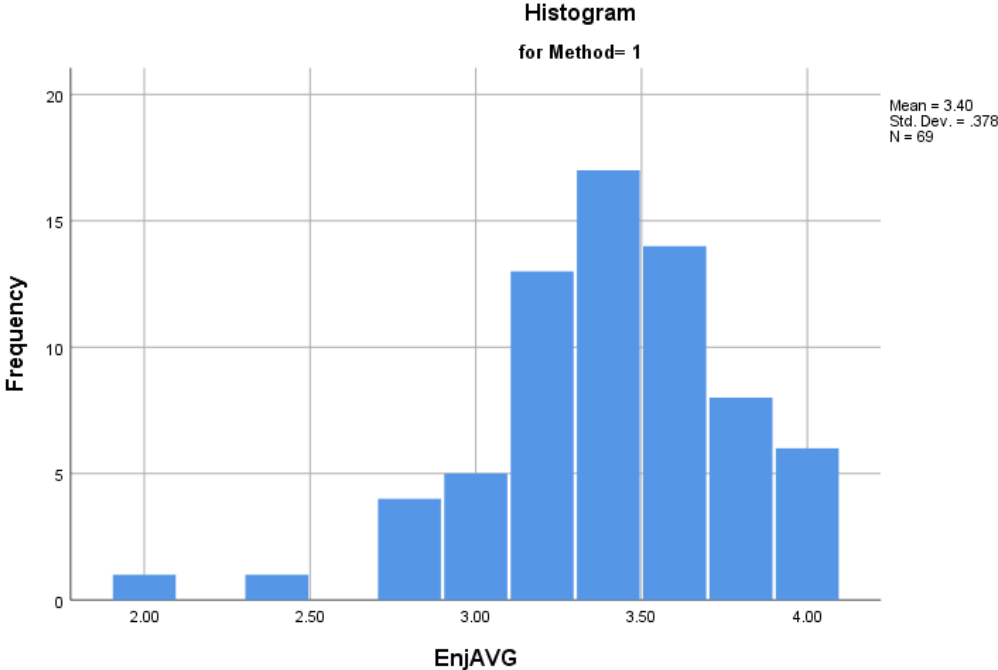


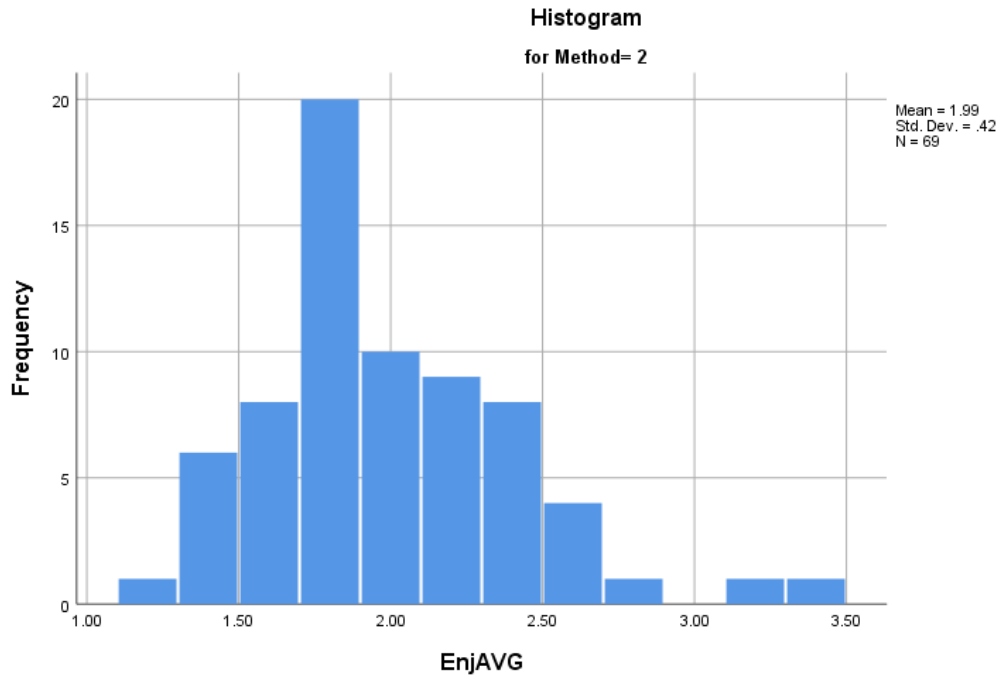


* Plot of LN of Spread vs LN of Level
 Slope = -.821 Power for transformation = 1.821

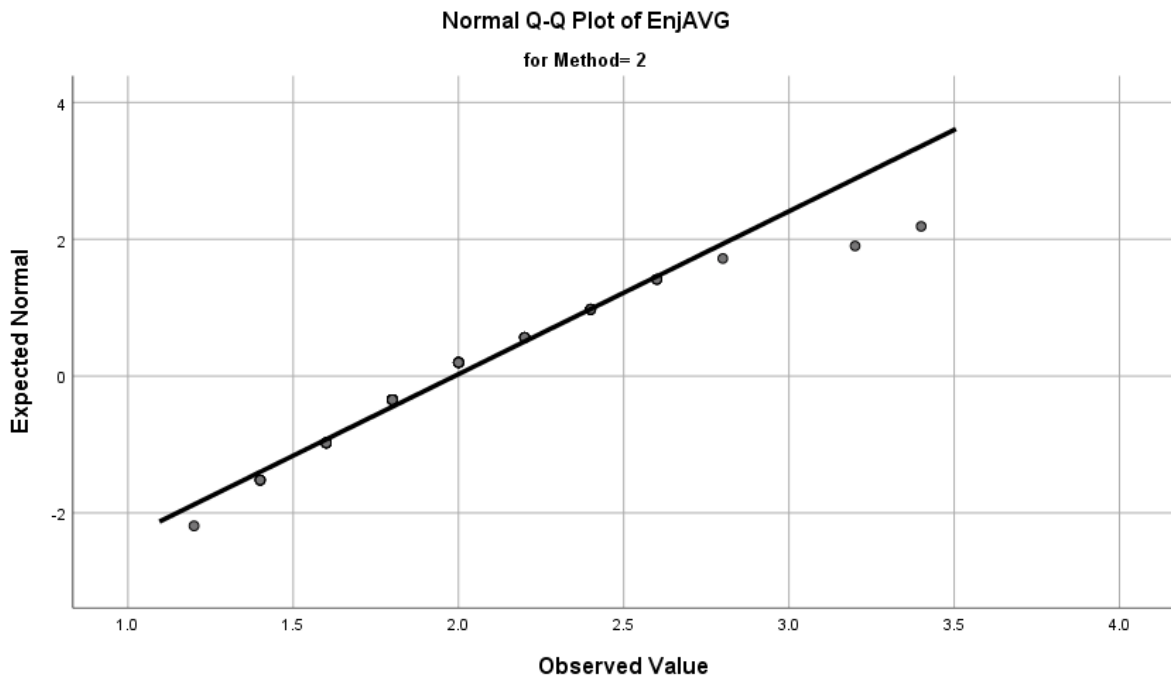
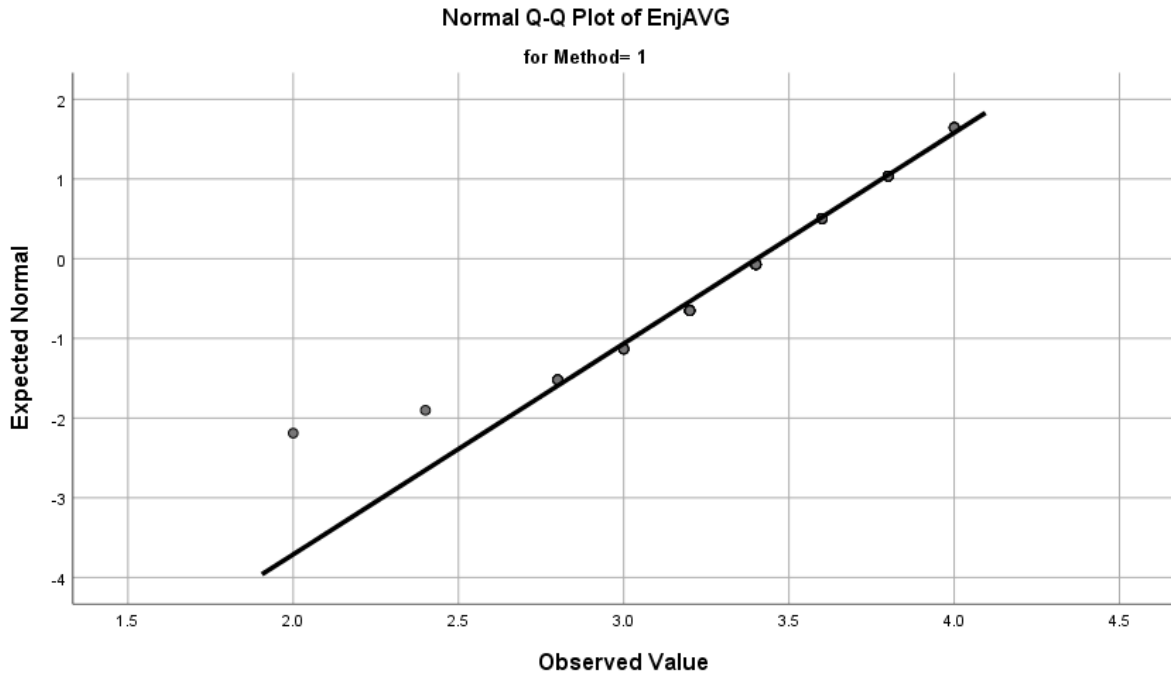
EnjAVG

Histograms

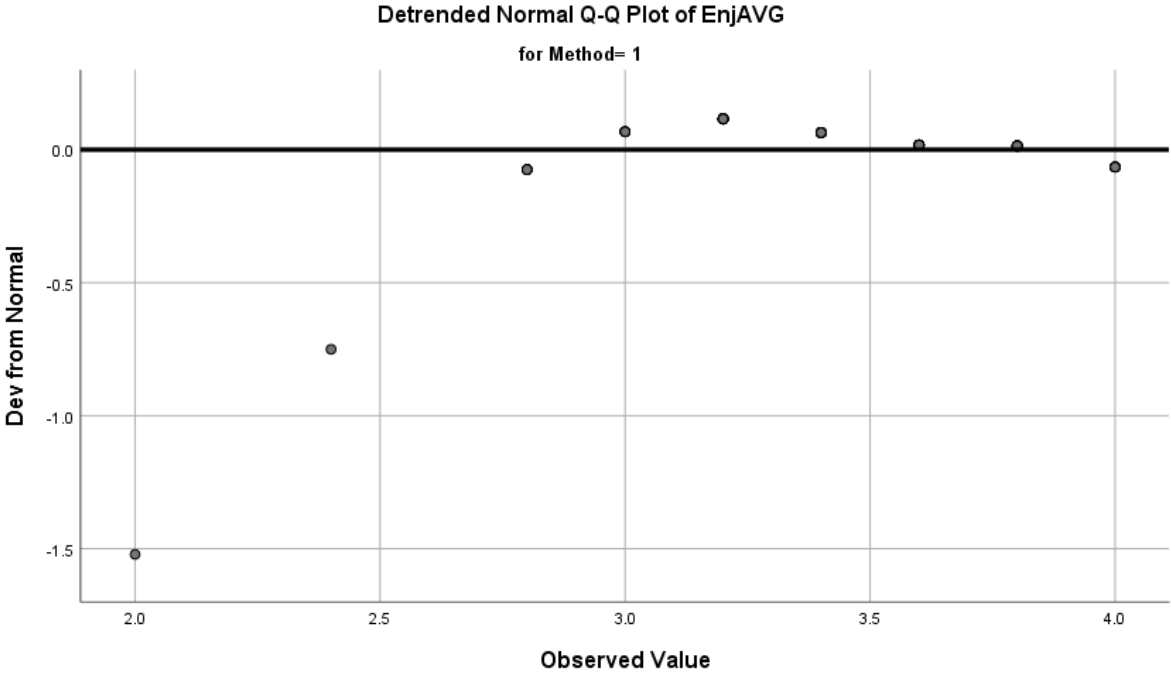


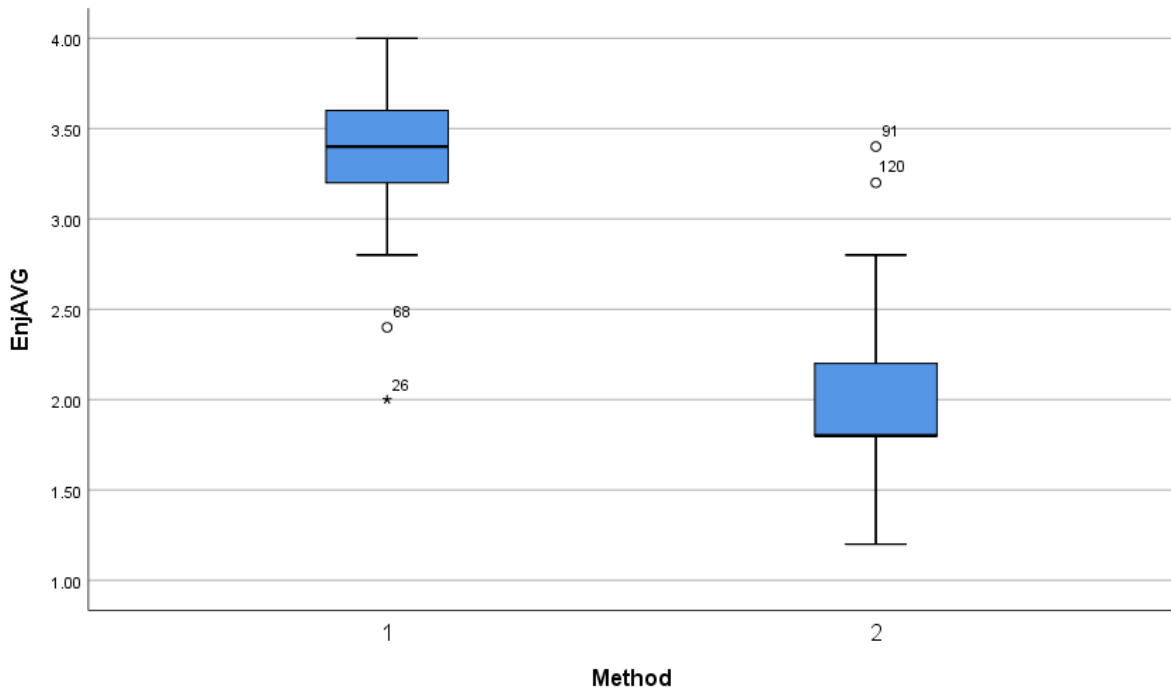
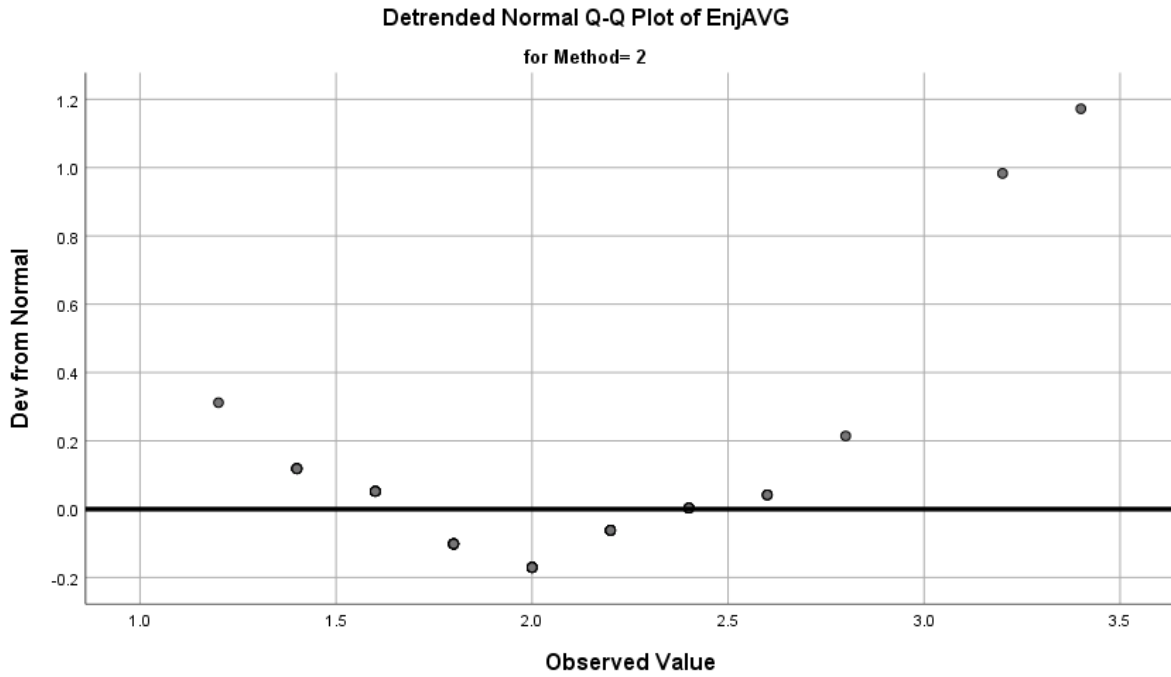


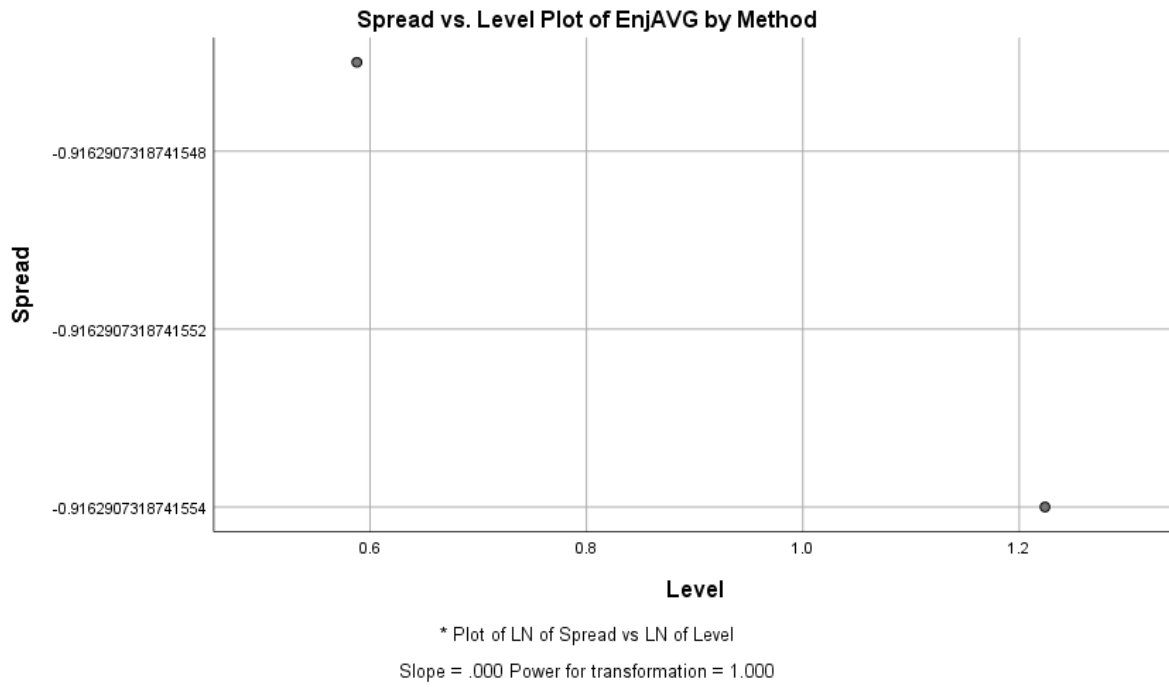
Normal Q-Q Plots



Detrended Normal Q-Q Plots

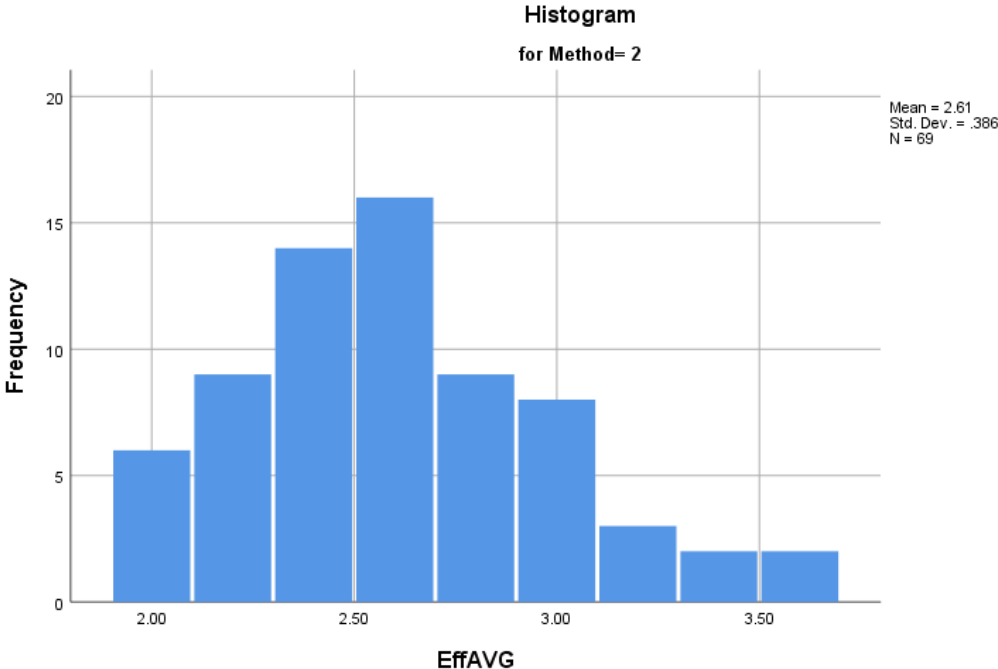
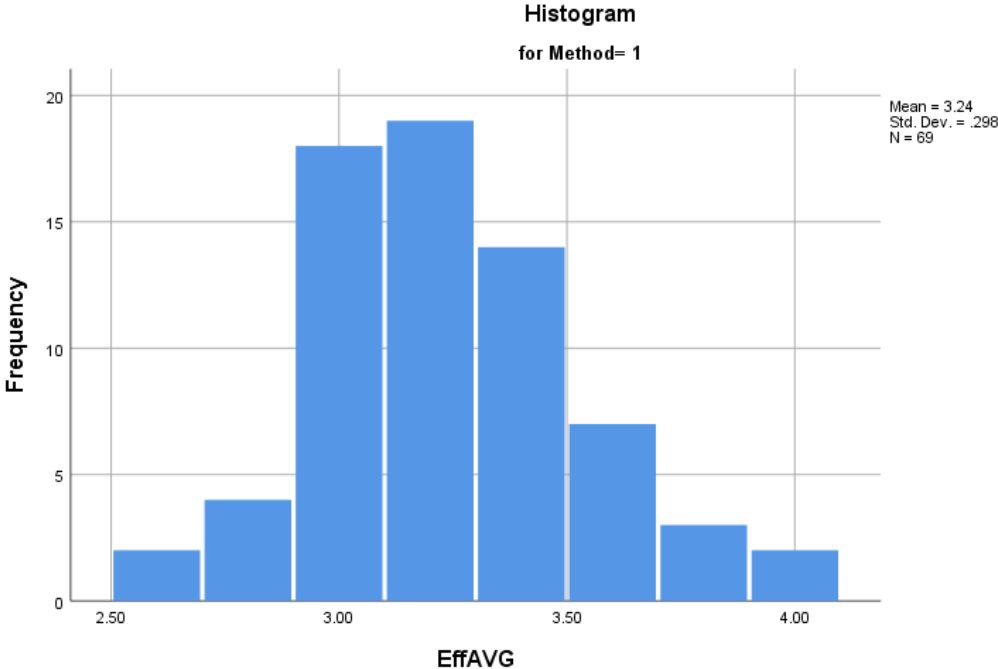




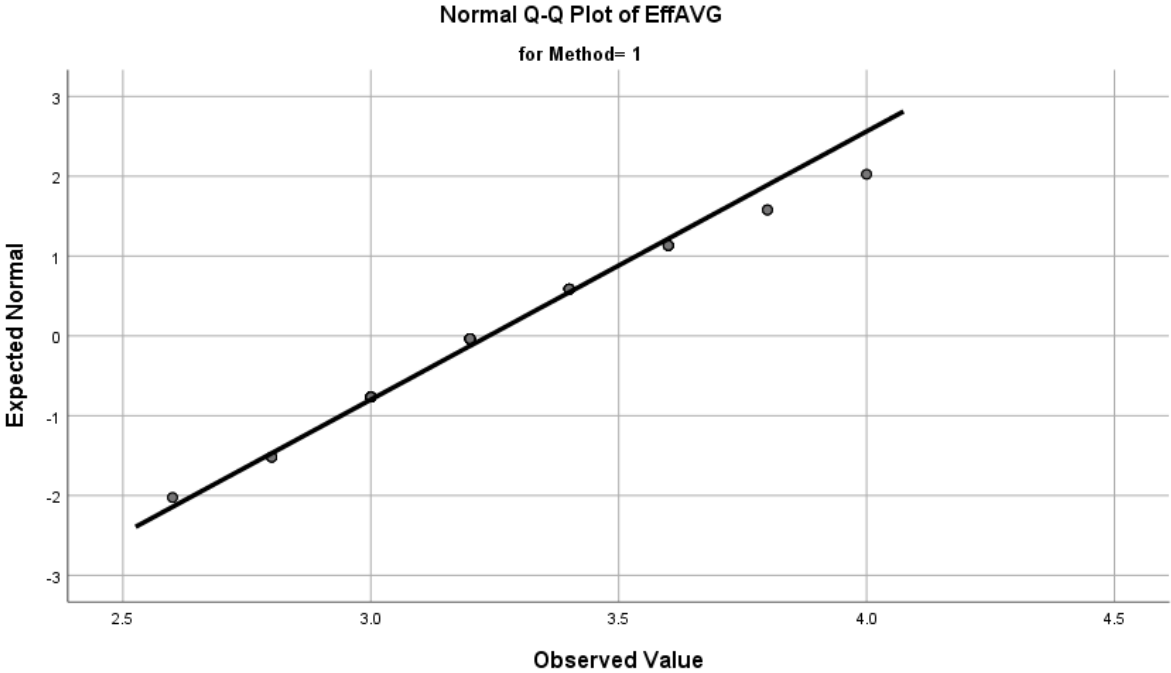


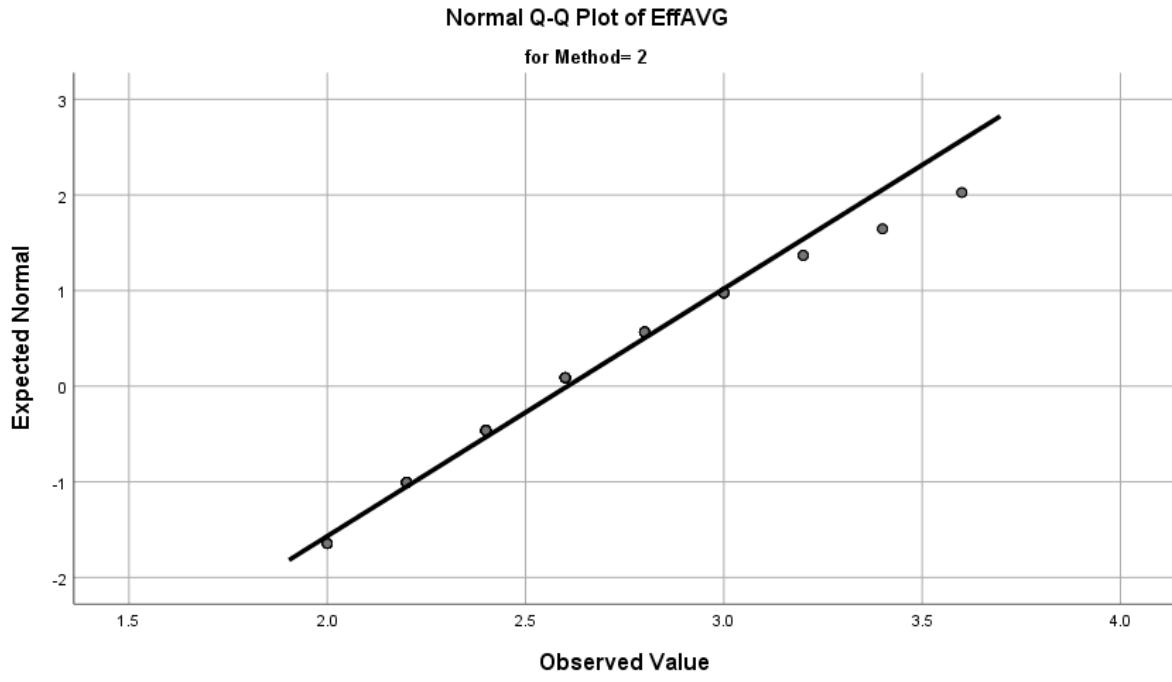
EffAVG

Histograms

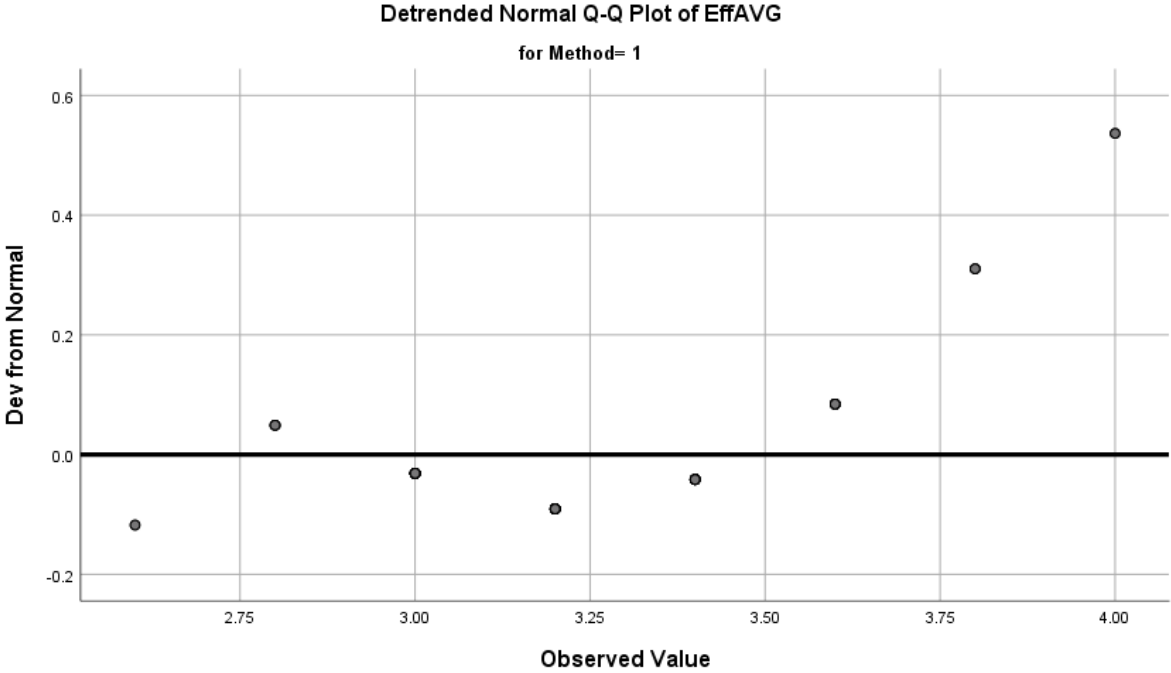


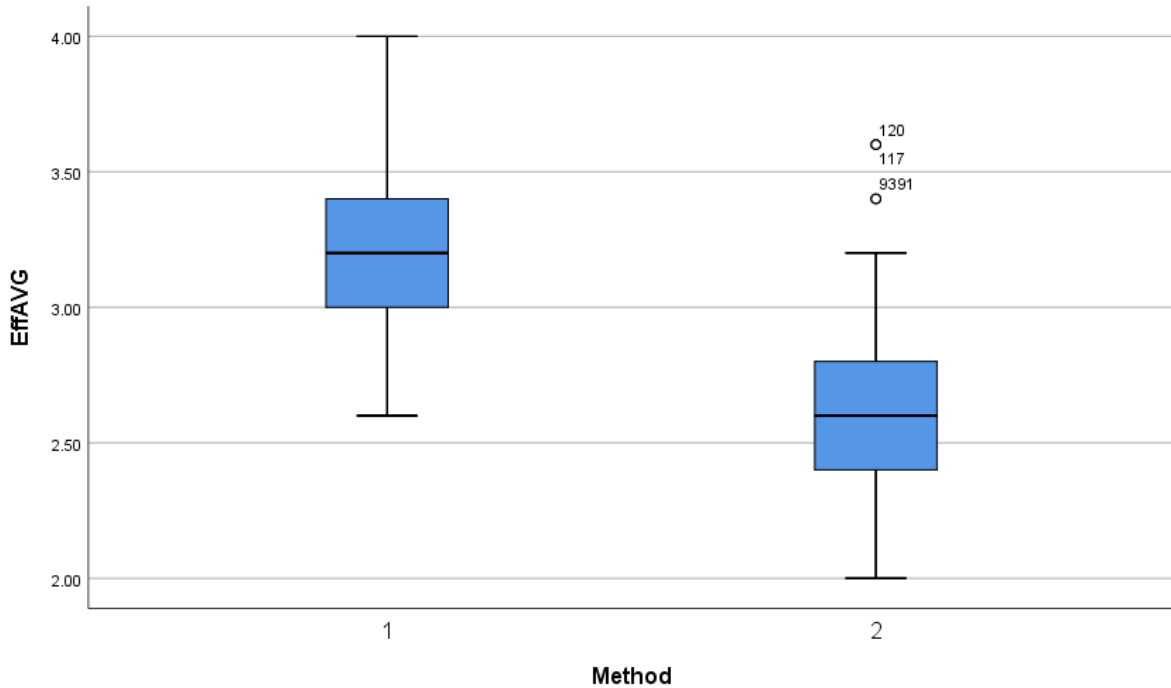
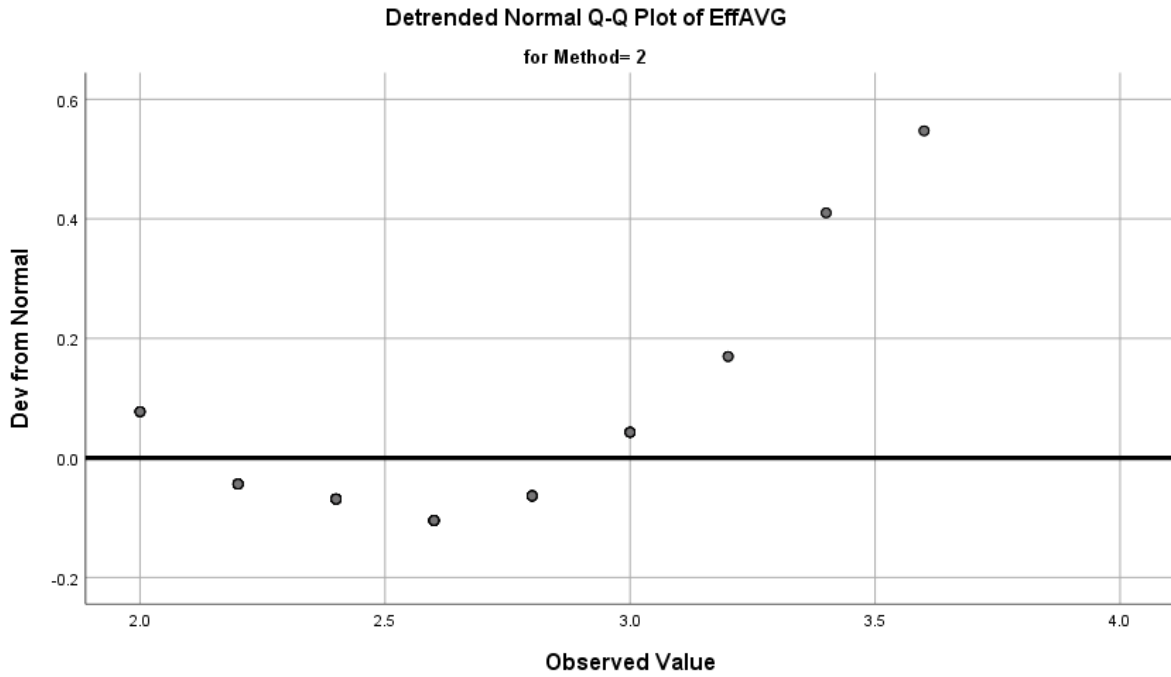
Normal Q-Q Plots

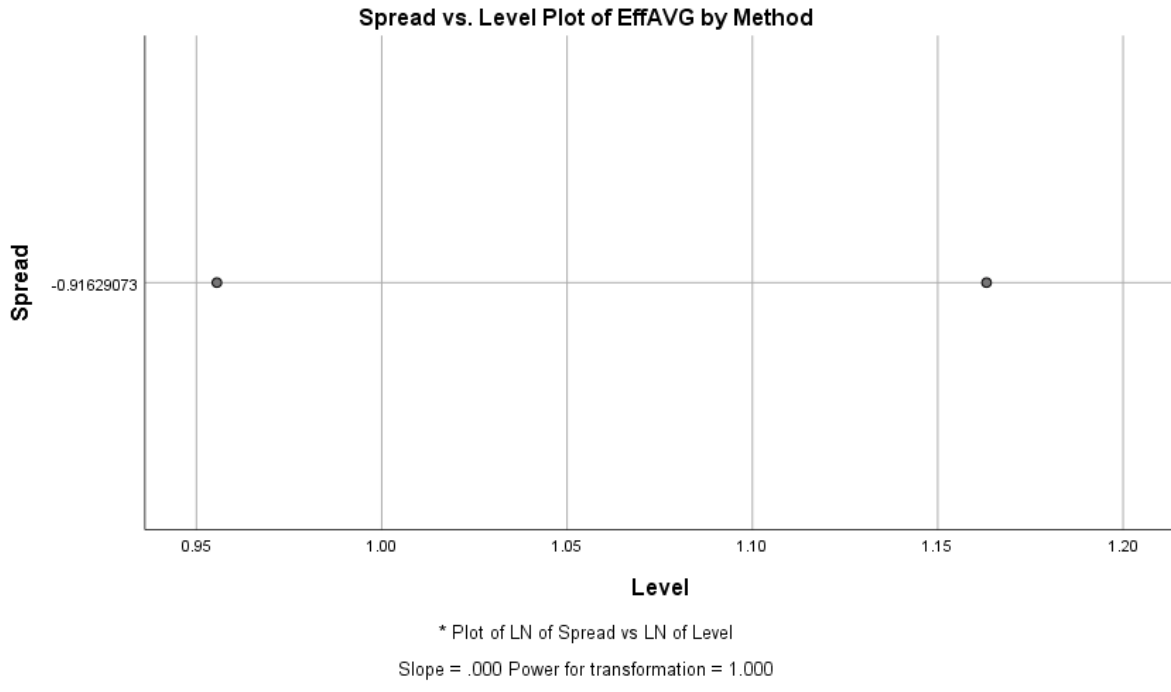




Detrended Normal Q-Q Plots

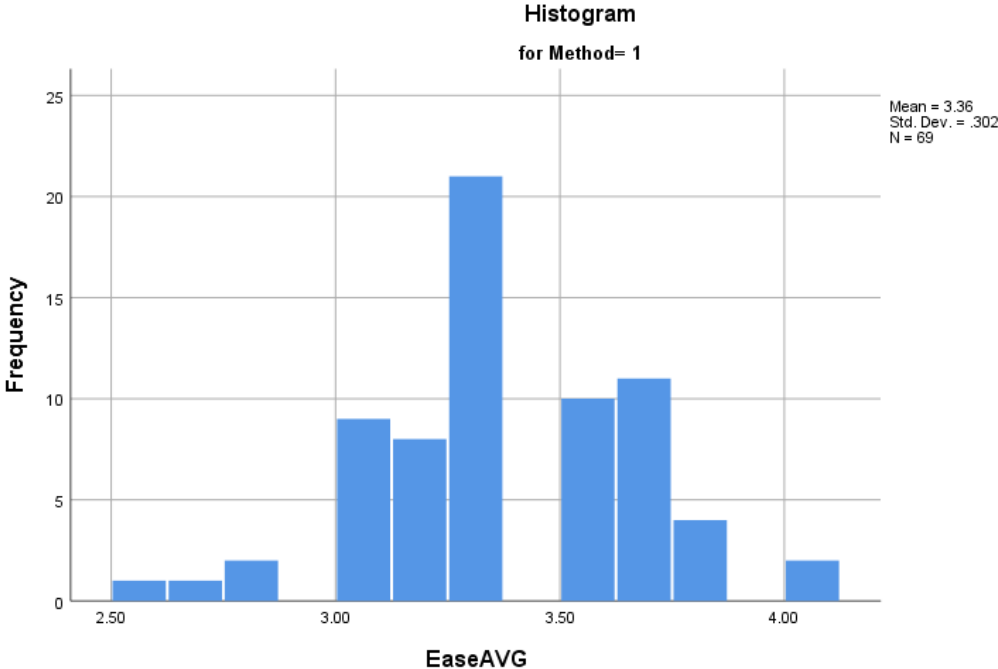


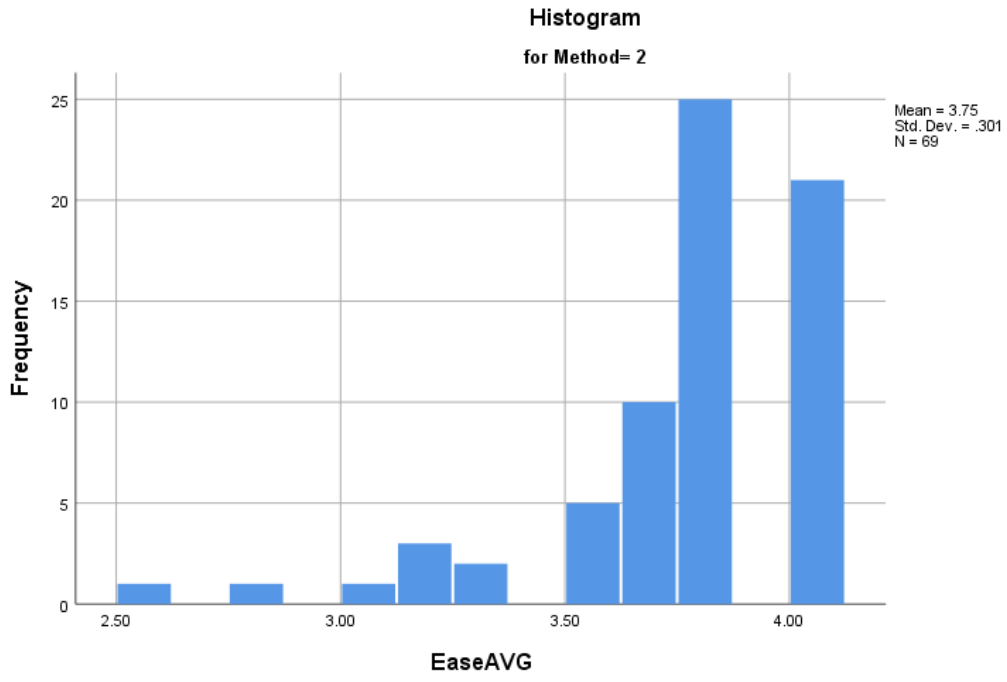




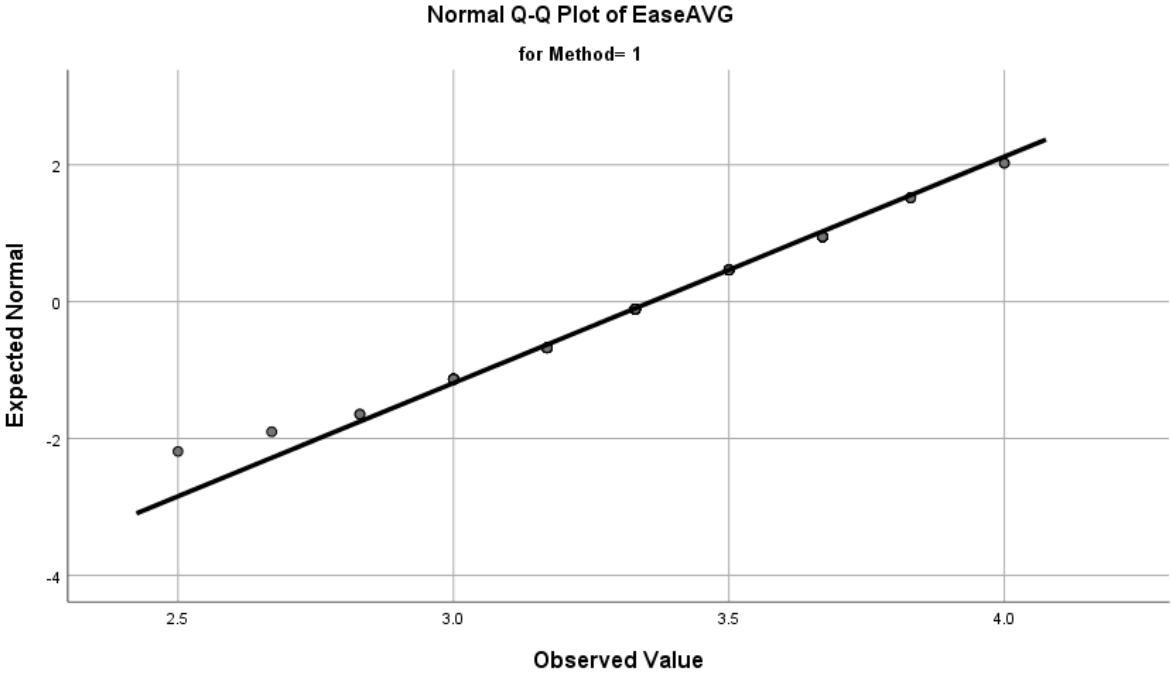
EaseAVG

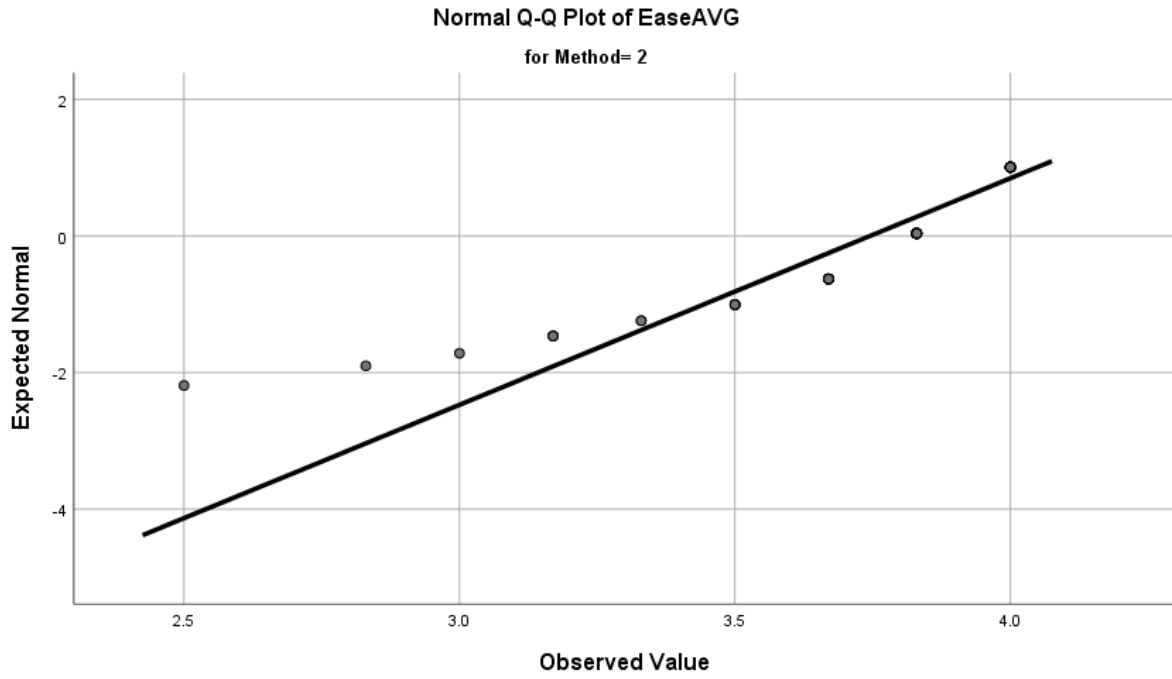
Histograms



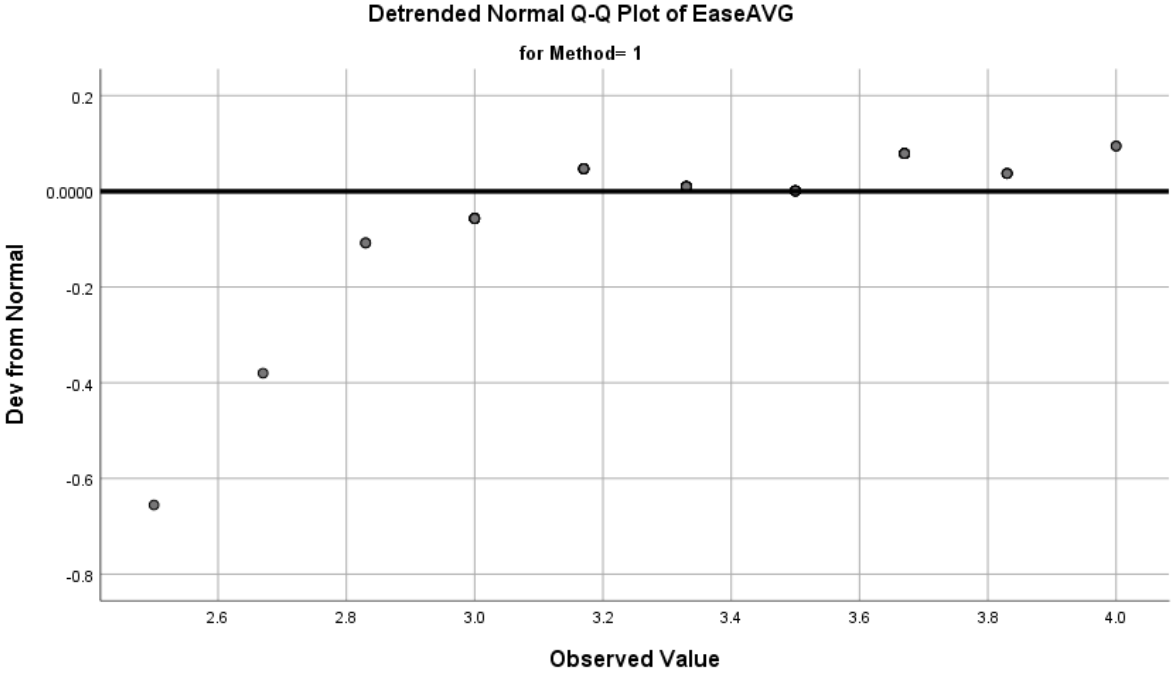


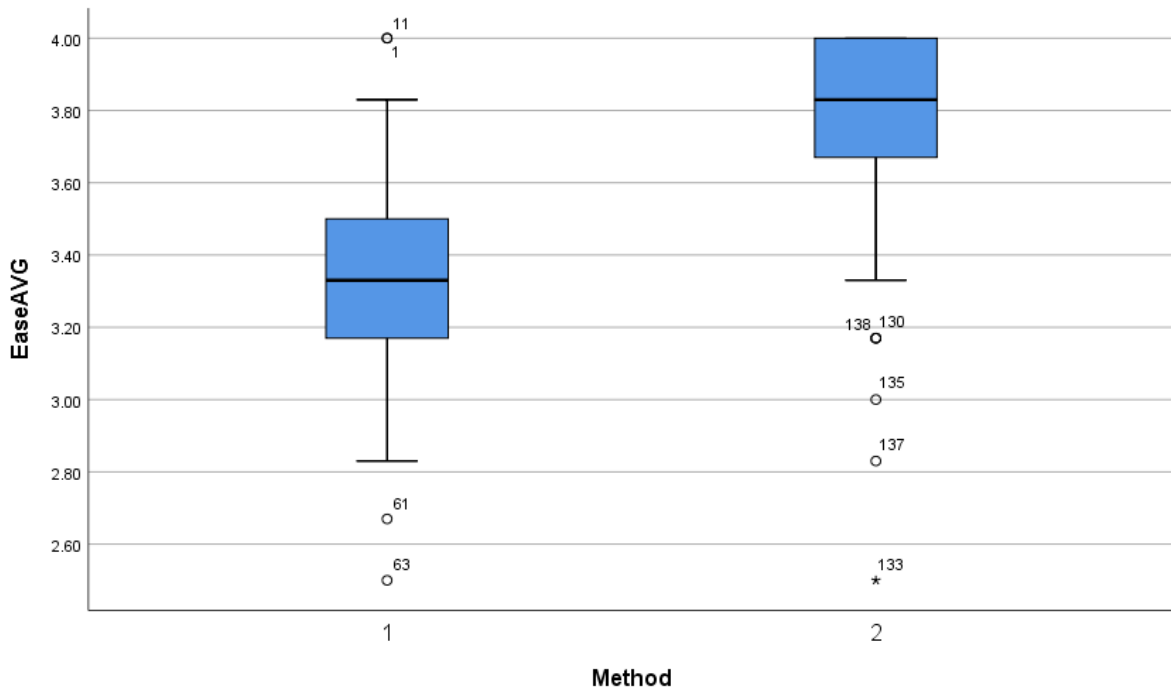
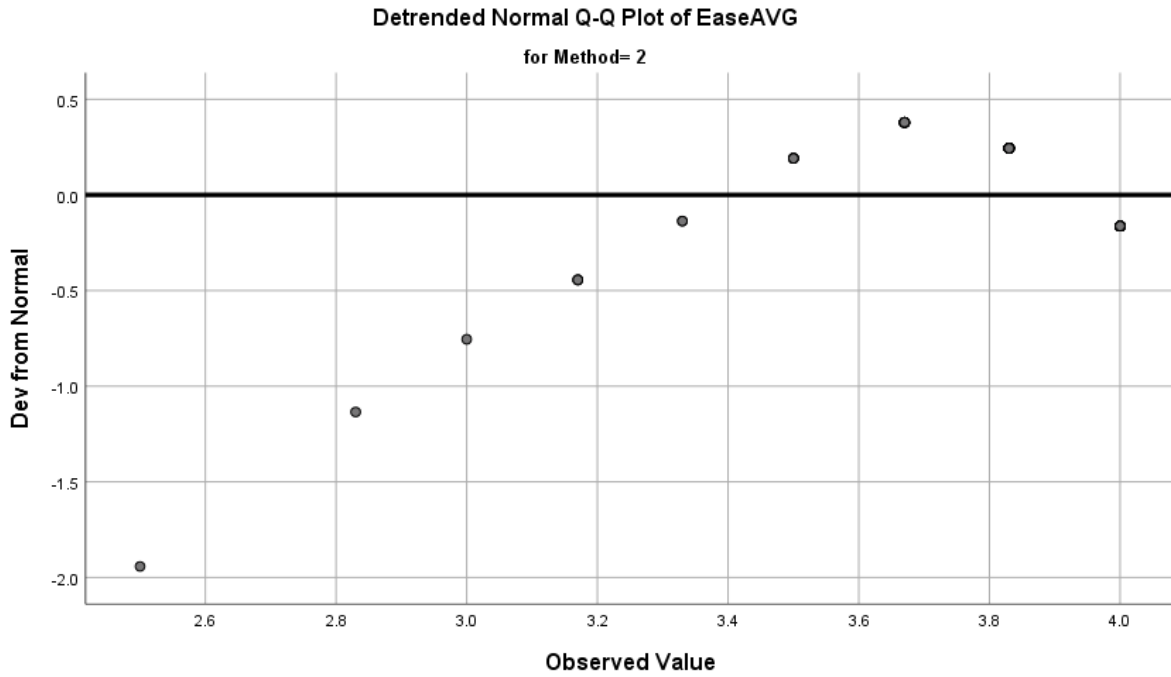
Normal Q-Q Plots

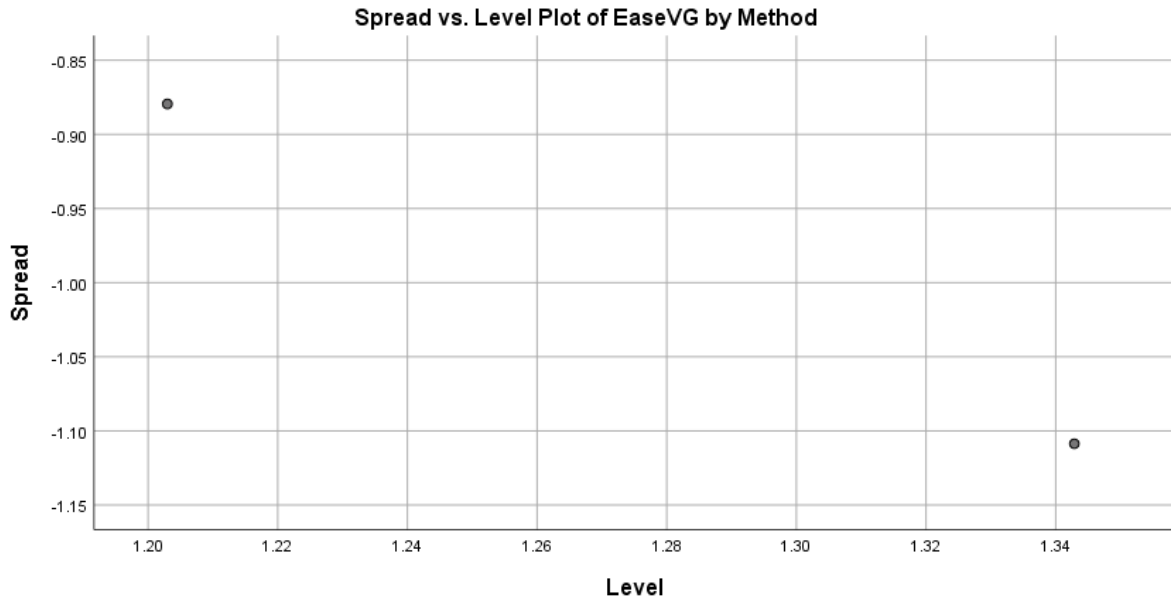




Detrended Normal Q-Q Plots



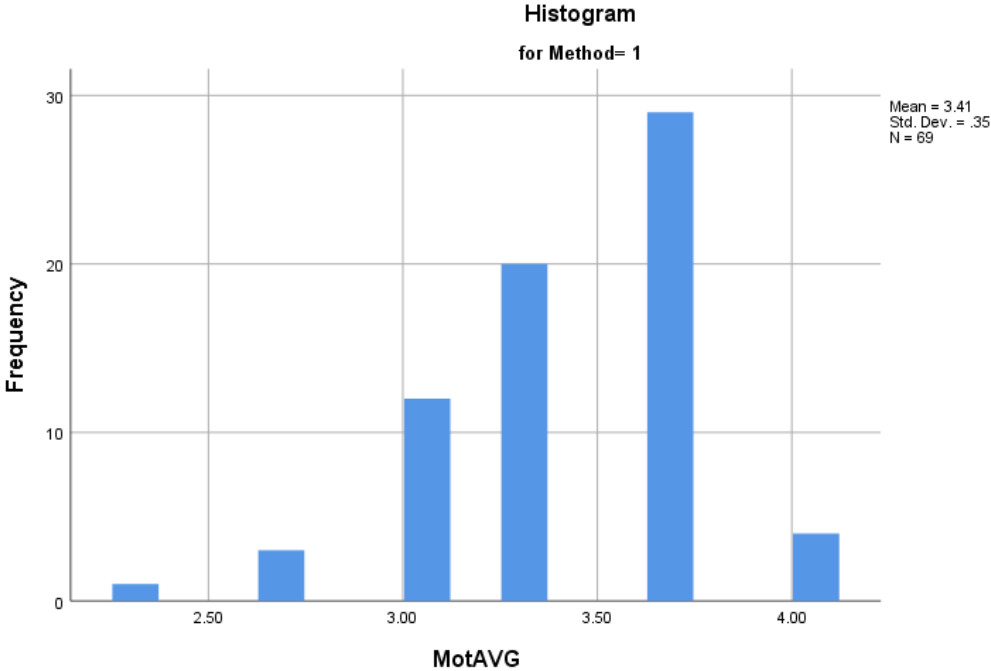


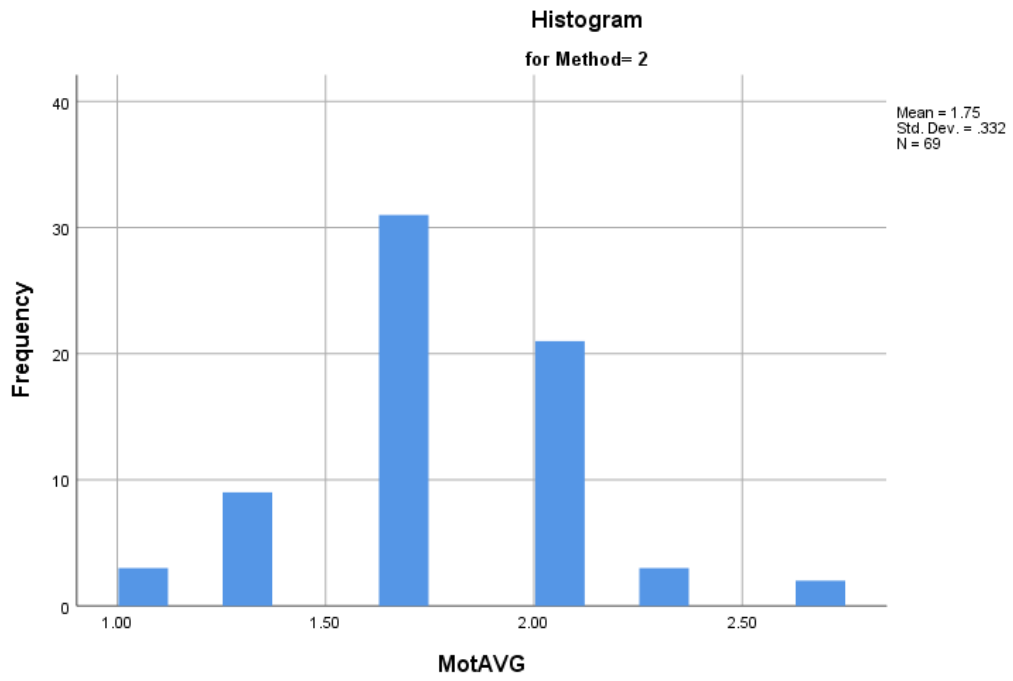


* Plot of LN of Spread vs LN of Level
Slope = -1.638 Power for transformation = 2.638

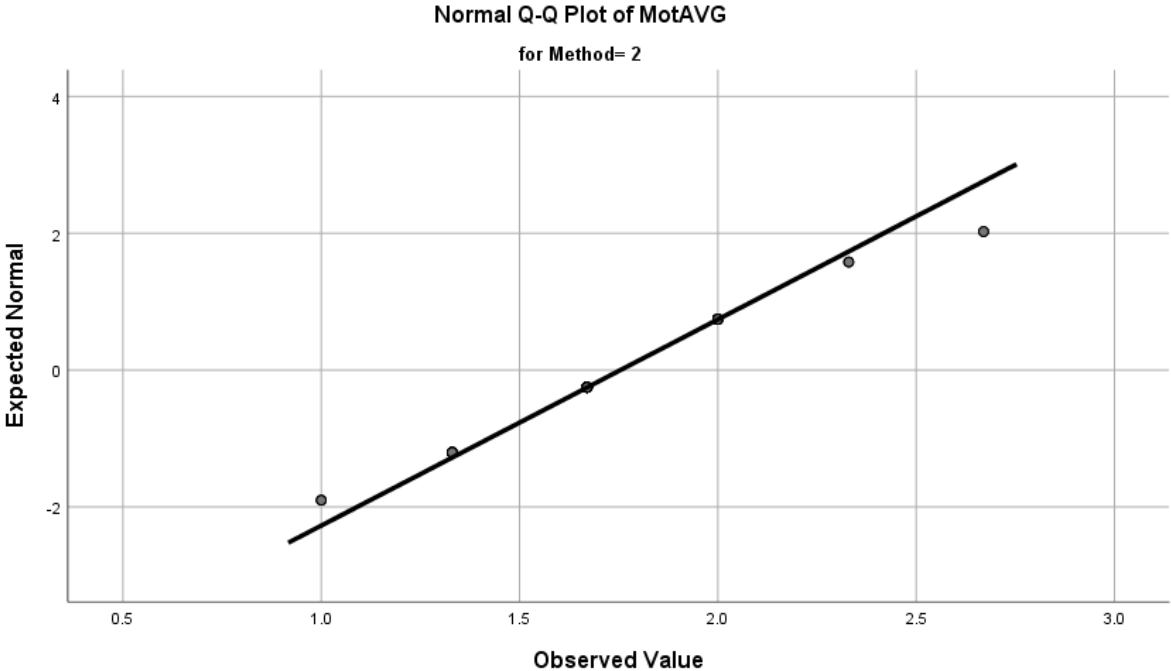
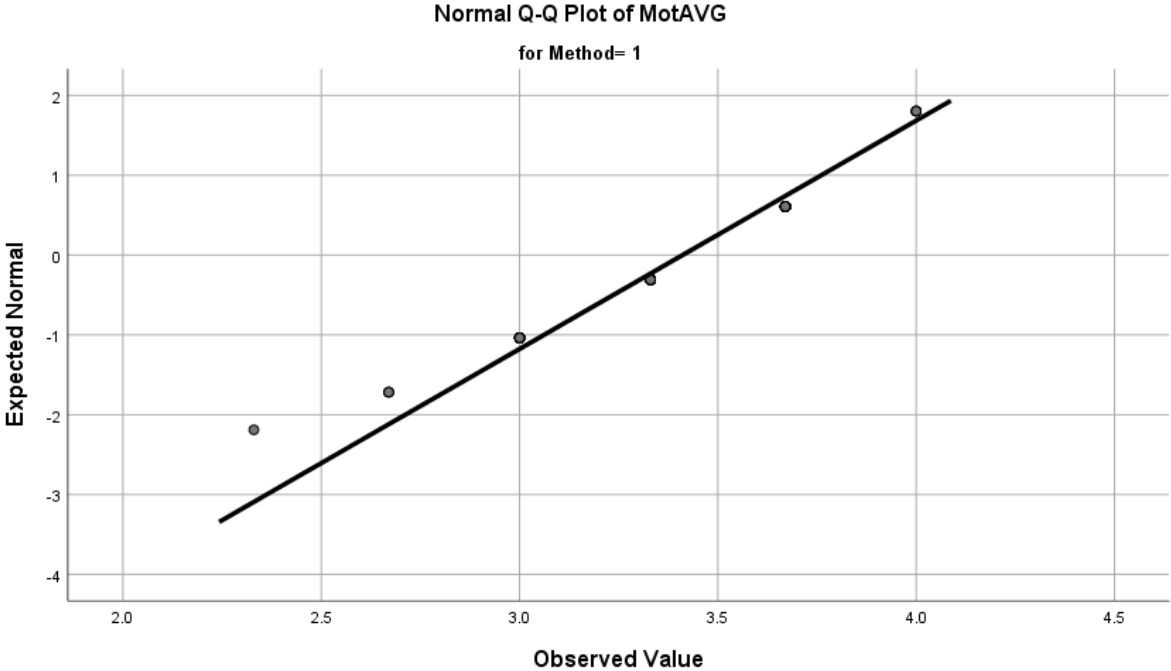
MotAVG

Histograms

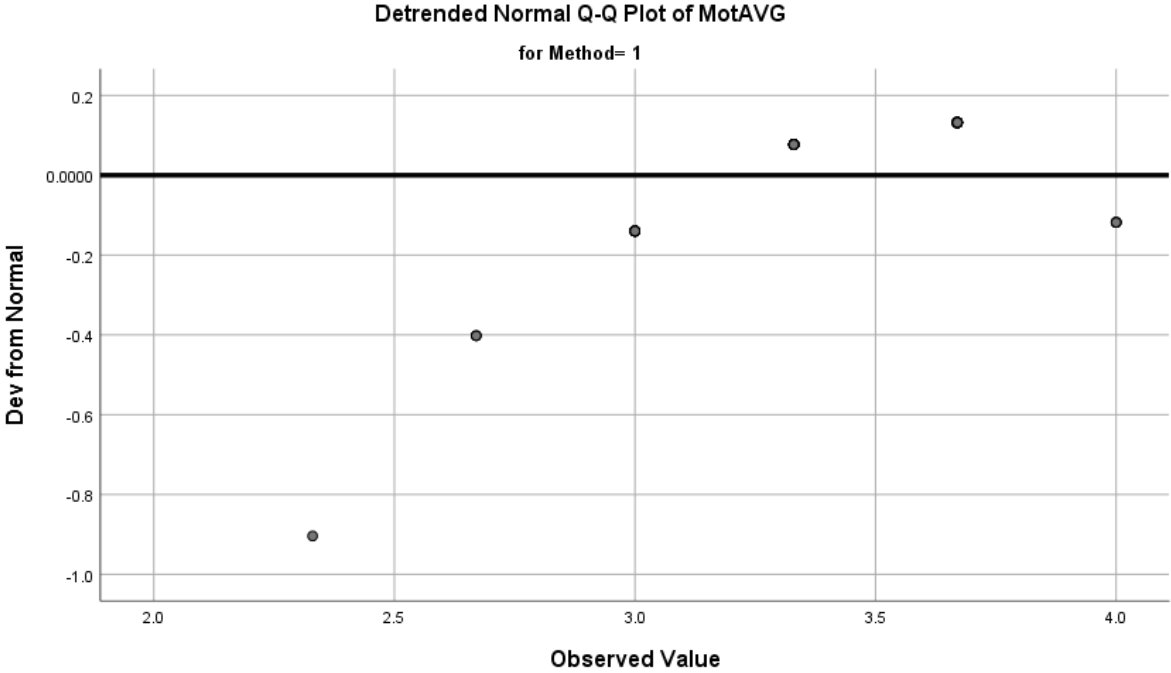


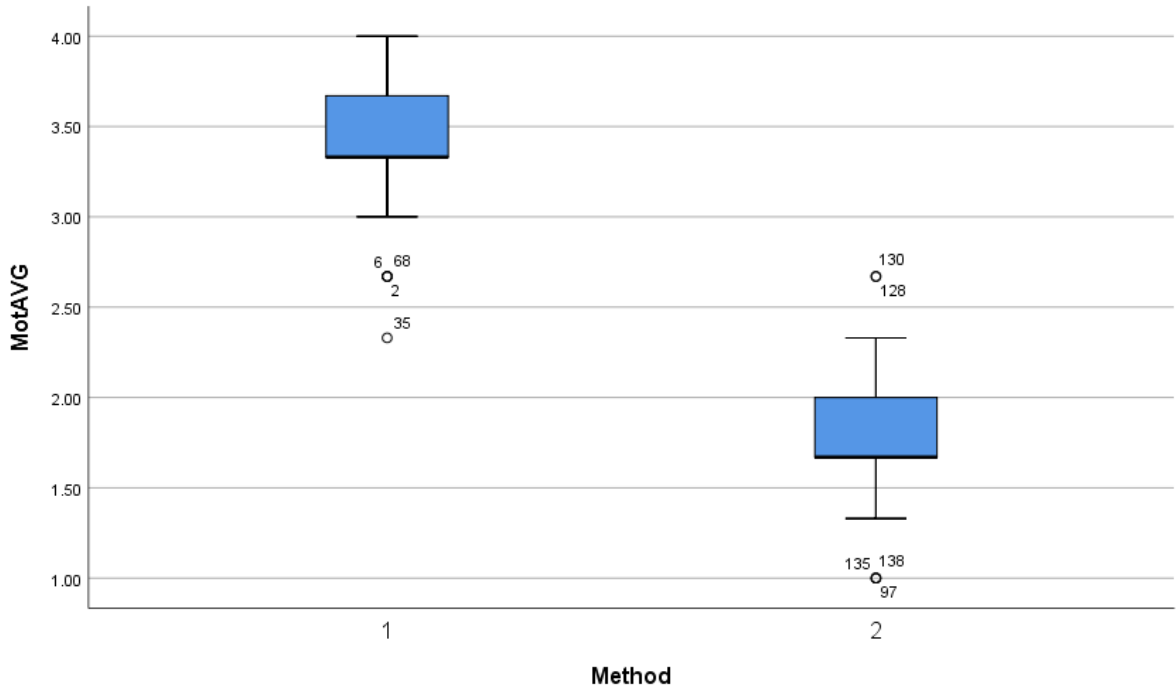
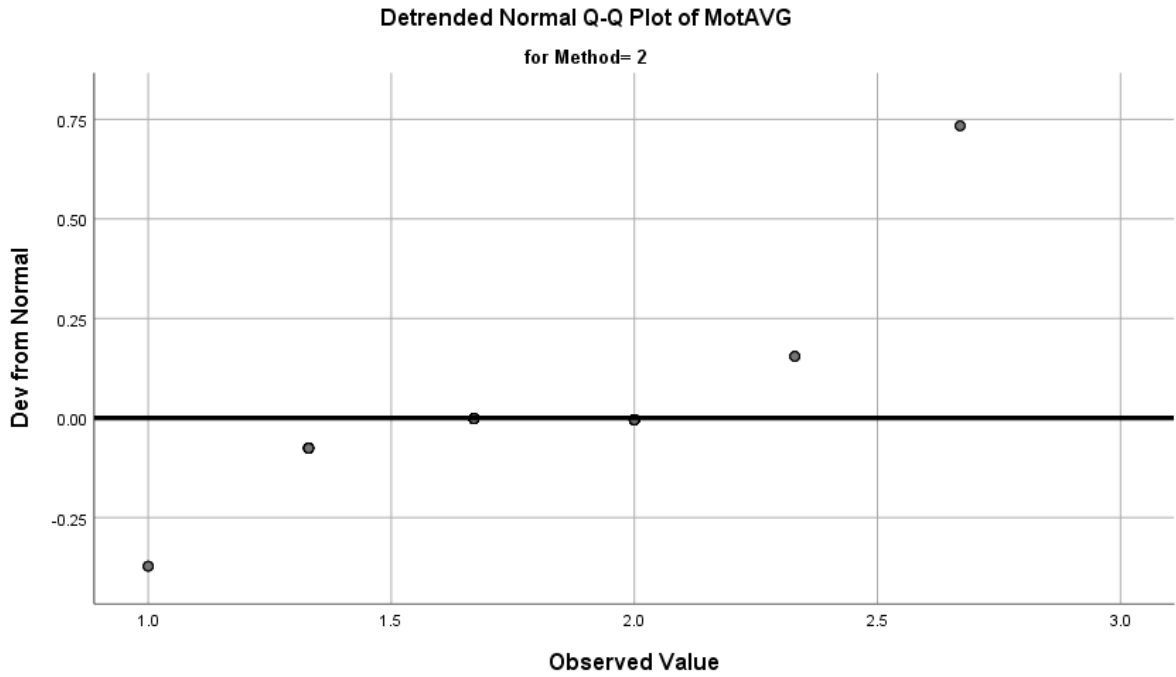


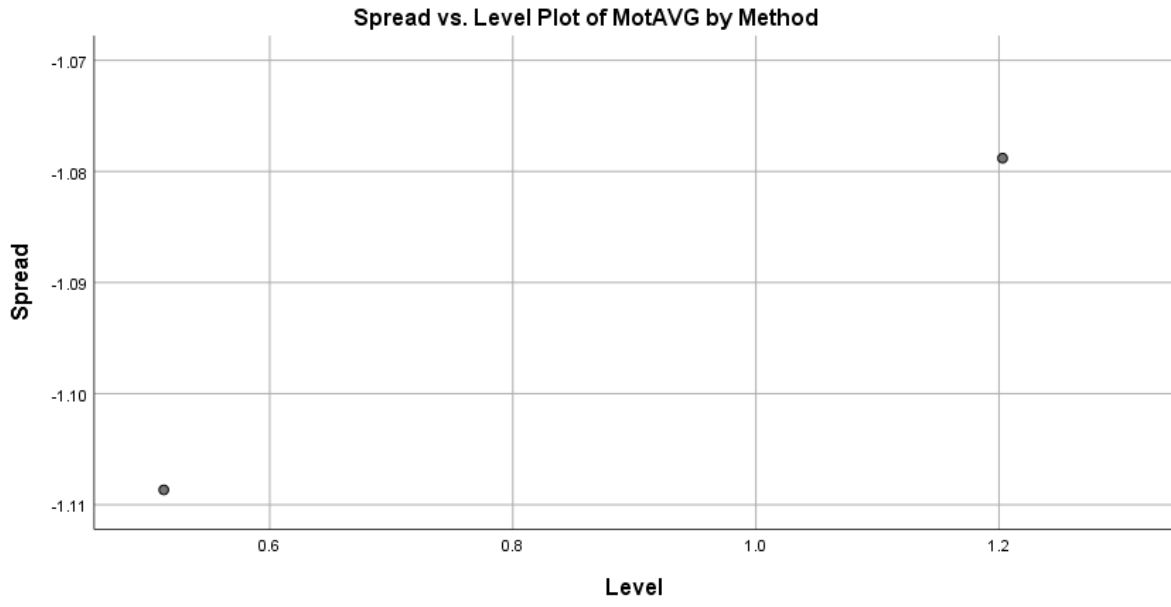
Normal Q-Q Plots



Detrended Normal Q-Q Plots







* Plot of LN of Spread vs LN of Level
Slope = .043 Power for transformation = .957

Reliability

Notes

Output Created		06-DEC-2021 17:23:22
Comments		
Input	Data	Untitled1.sav
	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	138
	Matrix Input	
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on all cases with valid data for all variables in the procedure.
Syntax		RELIABILITY /VARIABLES=Enj1 Enj2 Enj3 Enj4 Ennj5 Eff1 Eff2 Eff3 Eff4 Eff5 Ease1 Ease2 Ease3 Ease4 Ease5 Ease6 Mot1 Mot2 Mot3 /SCALE('ALL VARIABLES') ALL /MODEL=ALPHA.
Resources	Processor Time	00:00:00.02

Elapsed Time

00:00:00.02

Scale: ALL VARIABLES

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	137	99.3
	Excluded ^a	1	.7
	Total	138	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.815	19

Nonparametric Tests

Notes

Output Created		06-DEC-2021 17:23:30
Comments		
Input	Data	Untitled1.sav
	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	138
Syntax		<pre> NPTESTS /INDEPENDENT TEST (TestAVG EnjAVG EffAVG EaseVG MotAVG) GROUP (Method) /MISSING SCOPE=ANALYSIS USERMISSING=EXCLUDE /CRITERIA ALPHA=0.05 CILEVEL=95. </pre>
Resources	Processor Time	00:00:04.66
	Elapsed Time	00:00:04.50

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	
1	The distribution of TestAVG is the same across categories of Method.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.000	
2	The distribution of EnjAVG is the same across categories of Method.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.000	
3	The distribution of EffAVG is the same across categories of Method.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.000	
4	The distribution of EaseAVG is the same across categories of Method.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.000	
5	The distribution of MotAVG is the same across categories of Method.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.000	

Independent-Samples Mann-Whitney U Test

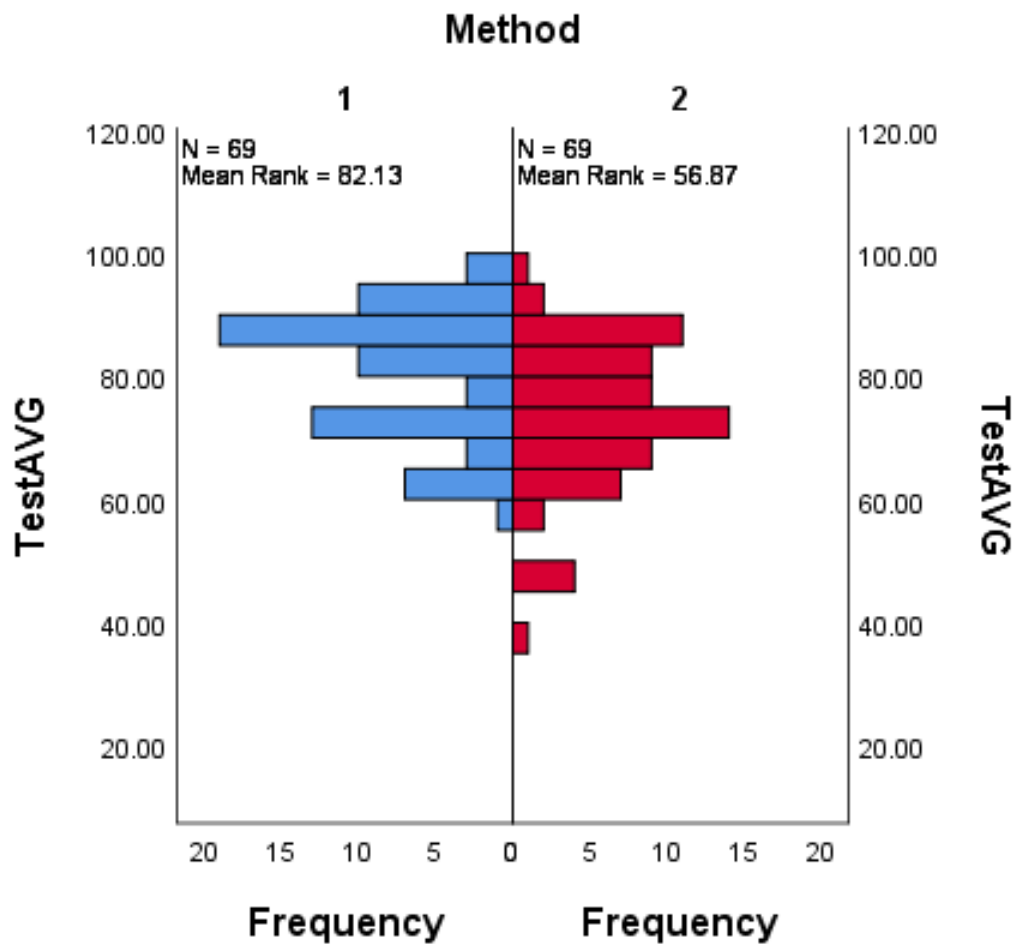
TestAVG across Metho

Independent-Samples Mann-Whitney U Test Summary

Total N	138
Mann-Whitney U	1509.000
Wilcoxon W	3924.000
Test Statistic	1509.000

Standard Error	234.357
Standardized Test Statistic	-3.719
Asymptotic Sig.(2-sided test)	.000

Independent-Samples Mann-Whitney U Test



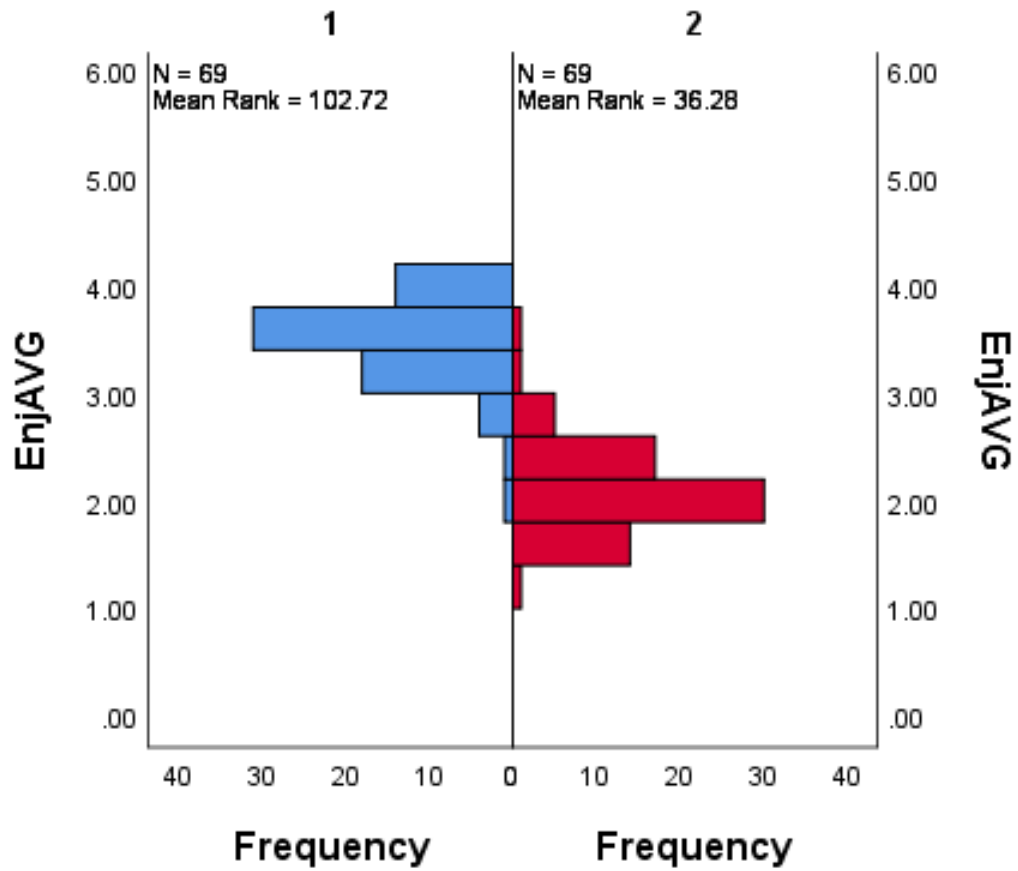
EnjAVG across Method

Independent-Samples Mann-Whitney U Test Summary

Total N	138
Mann-Whitney U	88.000
Wilcoxon W	2503.000
Test Statistic	88.000
Standard Error	233.773
Standardized Test Statistic	-9.807
Asymptotic Sig.(2-sided test)	.000

Independent-Samples Mann-Whitney U Test

Method



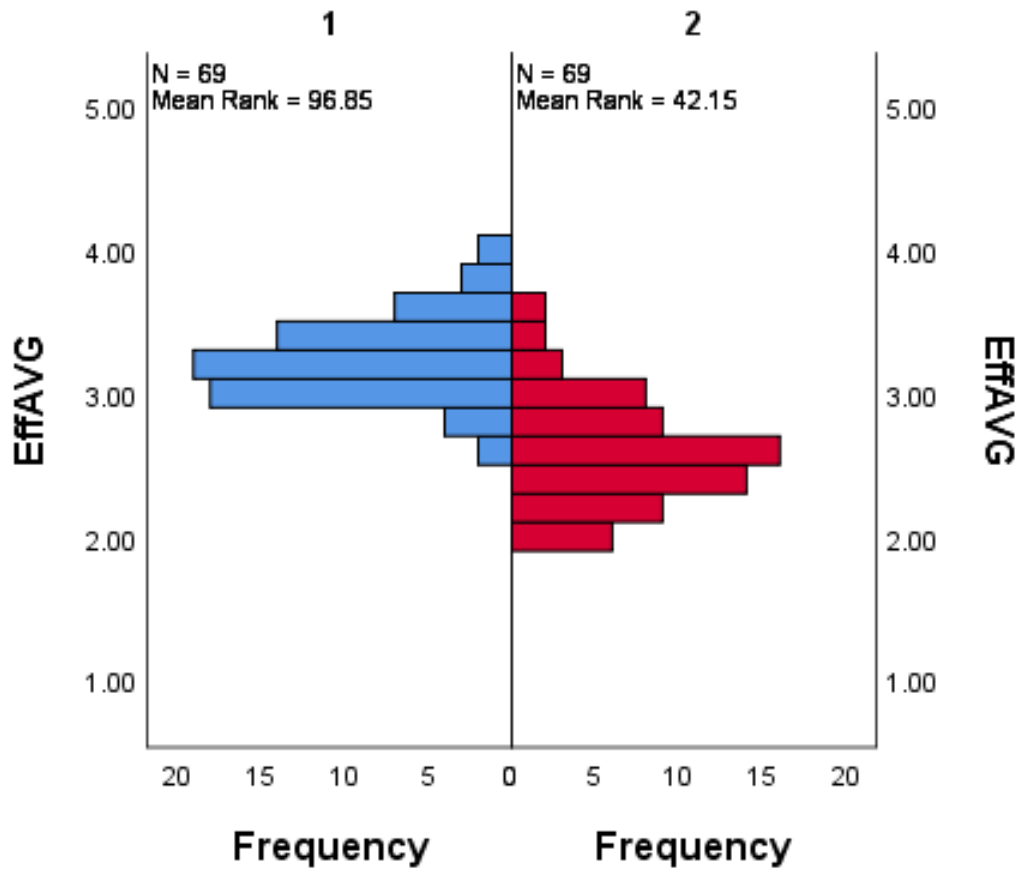
EffAVG across Method

Independent-Samples Mann-Whitney U Test Summary

Total N	138
Mann-Whitney U	493.500
Wilcoxon W	2908.500
Test Statistic	493.500
Standard Error	232.832
Standardized Test Statistic	-8.105
Asymptotic Sig.(2-sided test)	.000

Independent-Samples Mann-Whitney U Test

Method



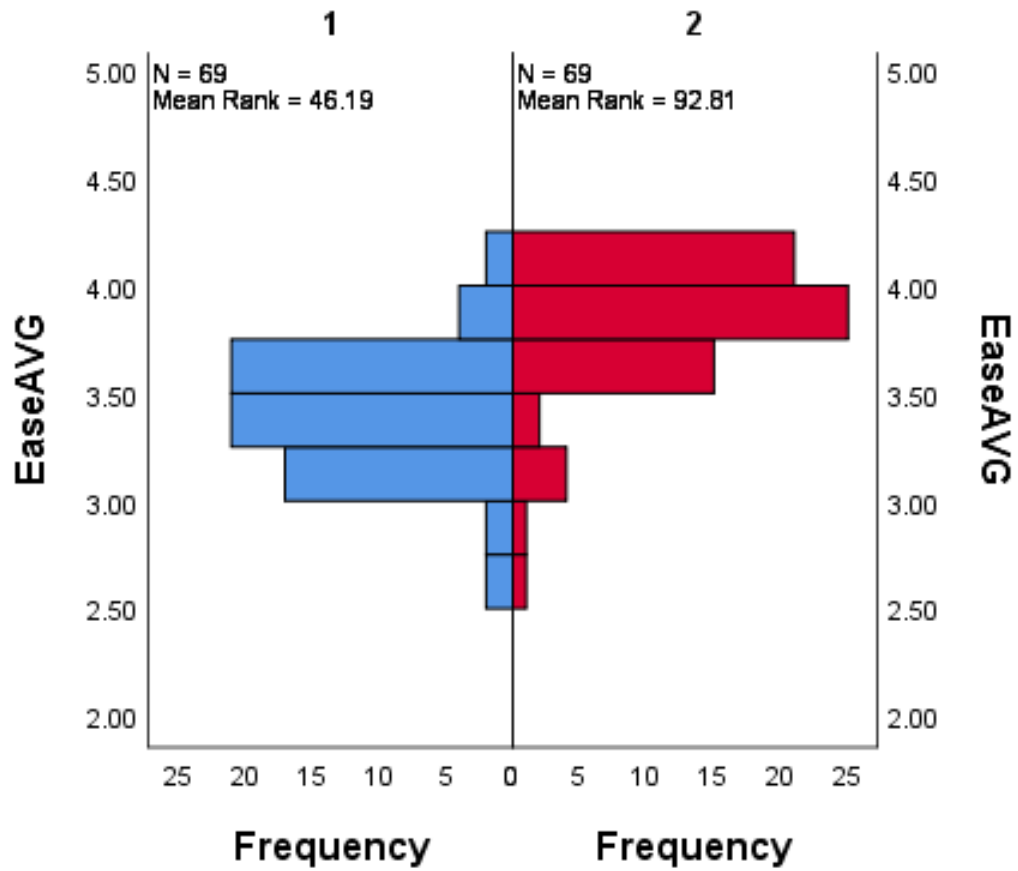
EaseAVG across Method

Independent-Samples Mann-Whitney U Test Summary

Total N	138
Mann-Whitney U	3989.000
Wilcoxon W	6404.000
Test Statistic	3989.000
Standard Error	231.978
Standardized Test Statistic	6.934
Asymptotic Sig.(2-sided test)	.000

Independent-Samples Mann-Whitney U Test

Method



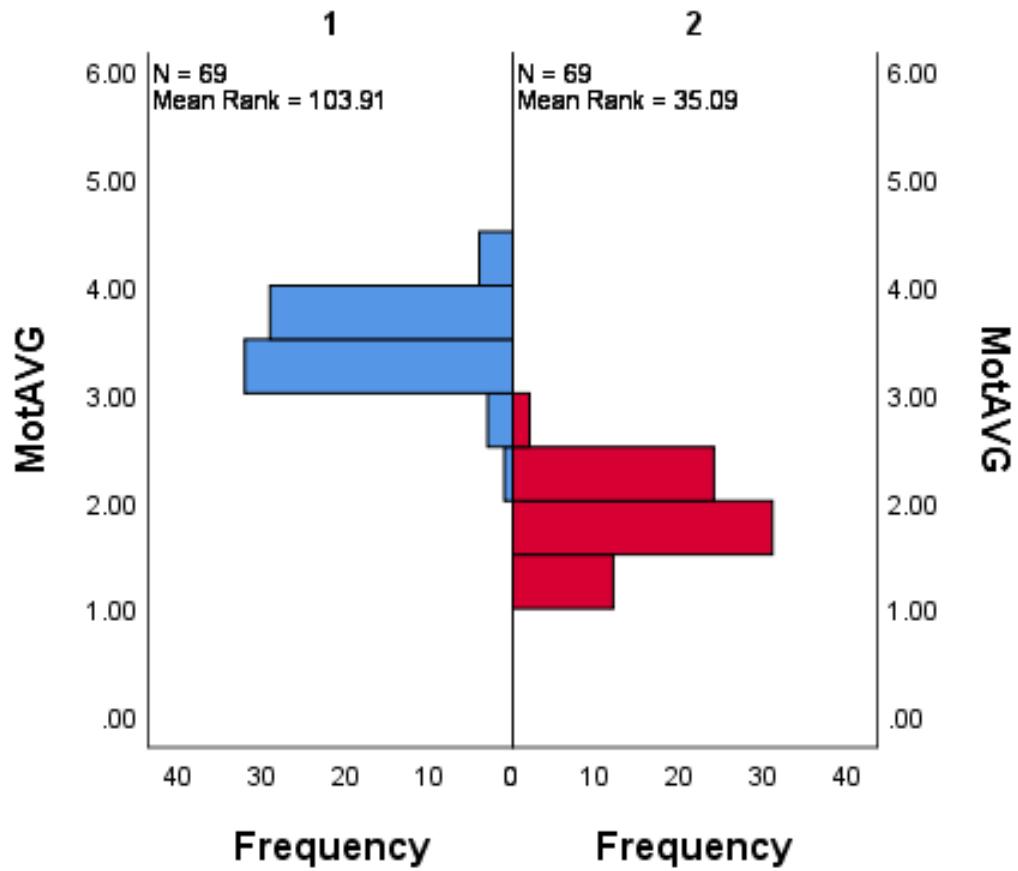
MotAVG across Method

Independent-Samples Mann-Whitney U Test Summary

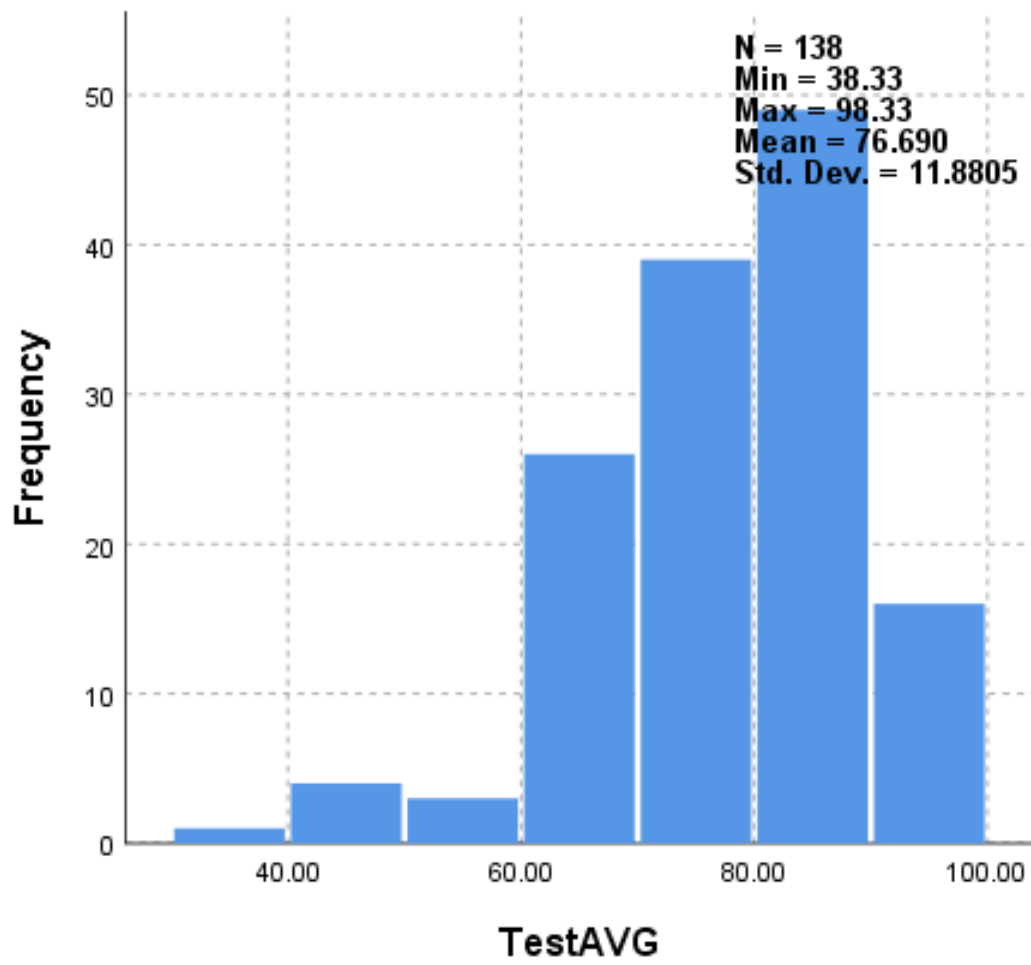
Total N	138
Mann-Whitney U	6.500
Wilcoxon W	2421.500
Test Statistic	6.500
Standard Error	231.505
Standardized Test Statistic	-10.255
Asymptotic Sig.(2-sided test)	.000

Independent-Samples Mann-Whitney U Test

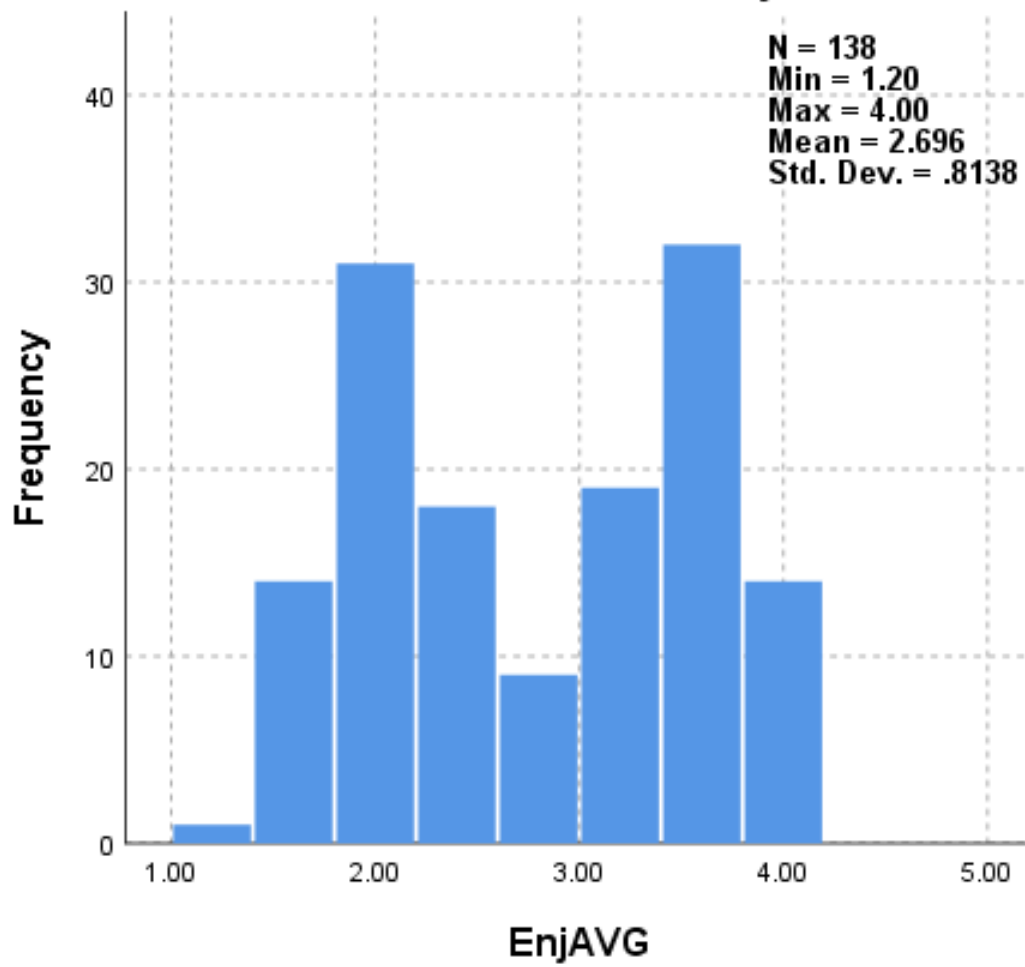
Method



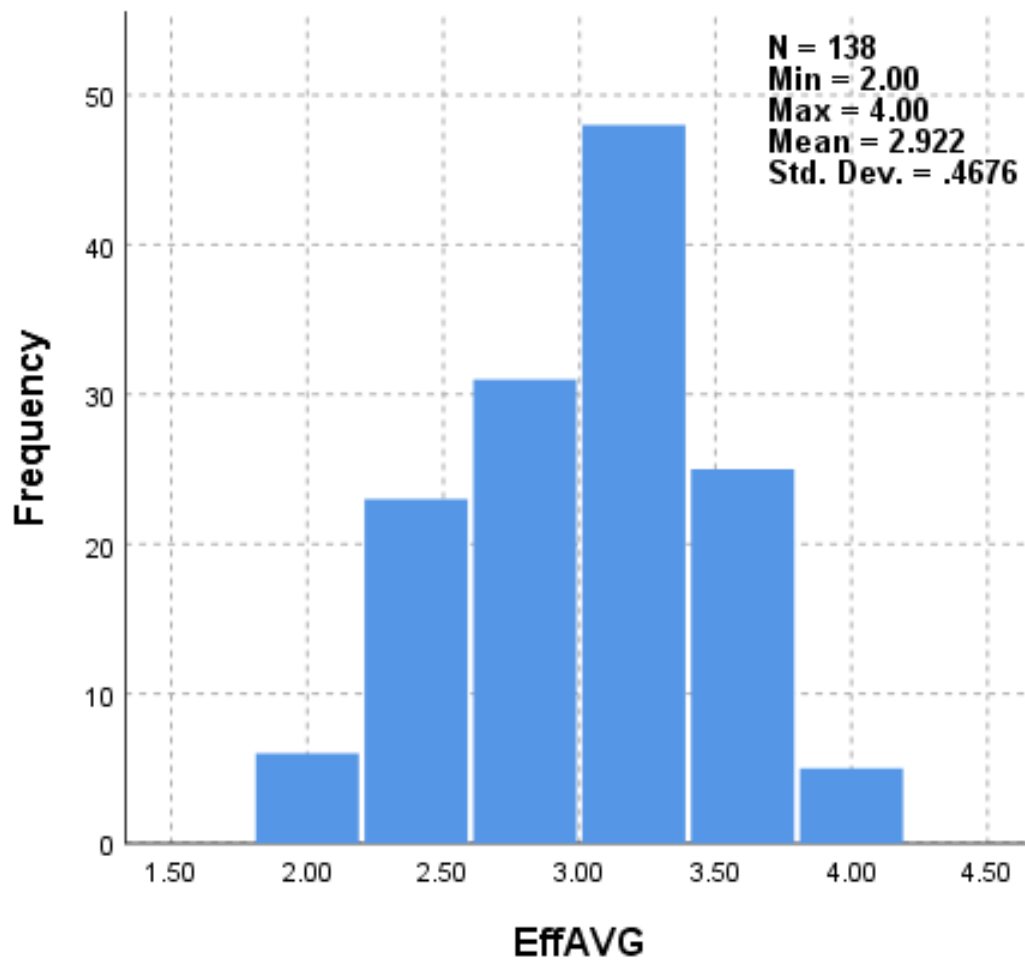
Continuous Field Information TestAVG



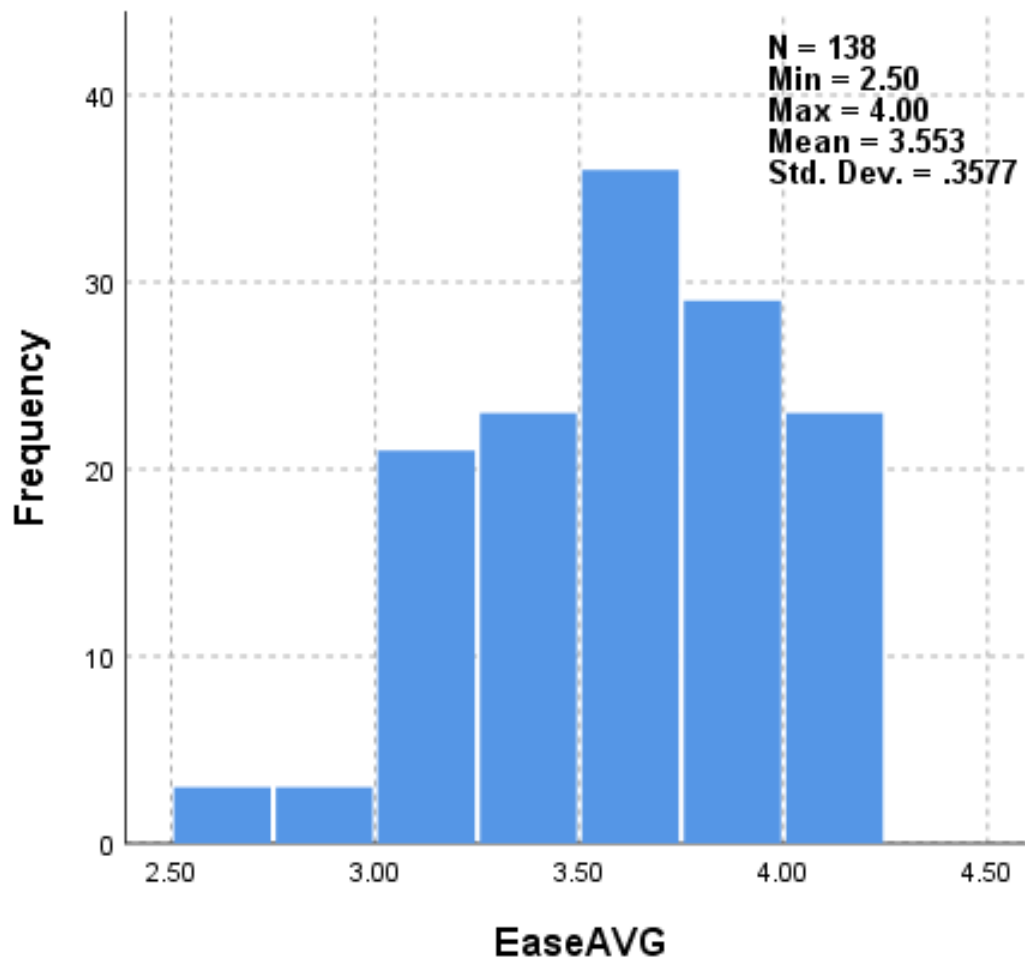
Continuous Field Information EnjAVG



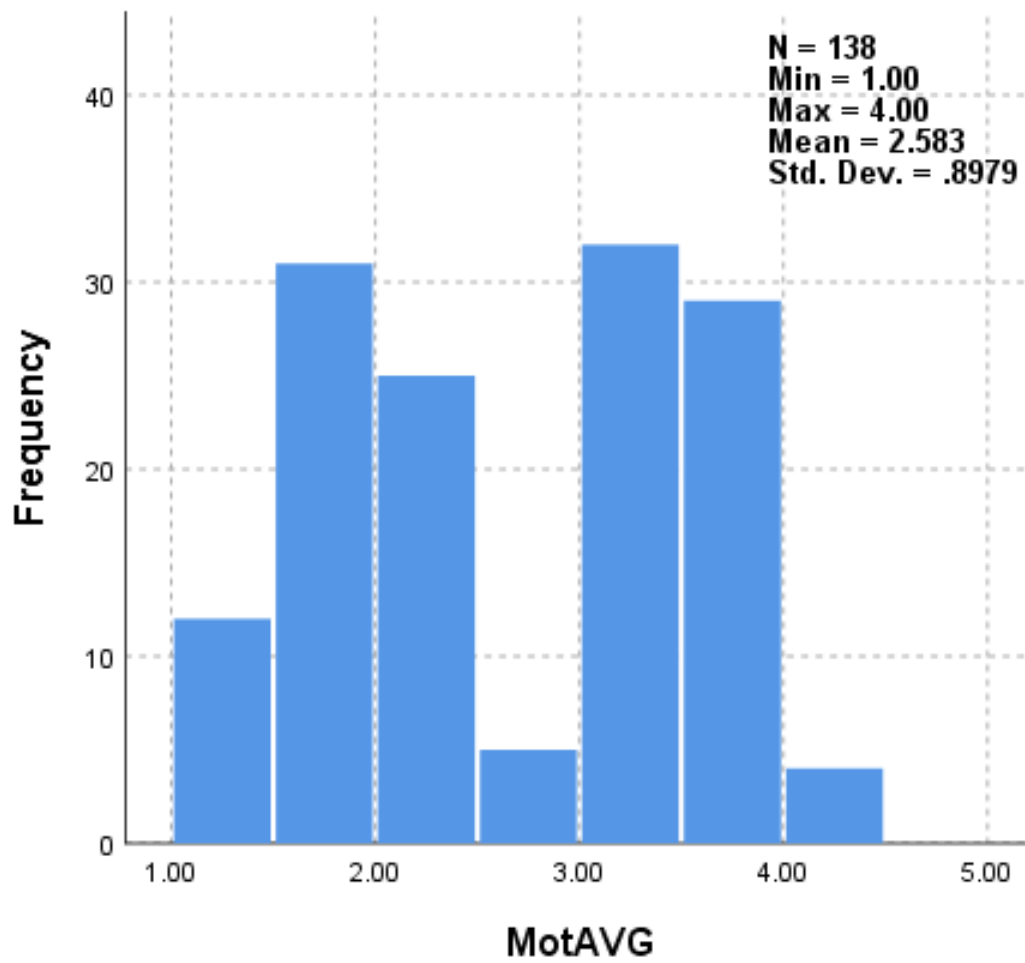
Continuous Field Information EffAVG



Continuous Field Information EaseAVG



Continuous Field Information MotAVG



Categorical Field Information Method

