



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

«Πληροφορική»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Μελέτη και προσομοίωση θερμοκρασιακών μεταβολών πειραματικής διάταξης
Thesis Title	Research and simulation of temperature changes of an experimental setup
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Βασίλειος Κωστής
Πατρώνυμο	Φώτιος
Αριθμός Μητρώου	ΜΠΠΛ 13046
Επιβλέπων	Χρήστος Δουληγέρης, Καθηγητής

Ημερομηνία Παράδοσης **Νοέμβριος 2016**

Μελέτη και προσομοίωση θερμοκρασιακών μεταβολών πειραματικής διάταξης

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

(υπογραφή)

(υπογραφή)

(υπογραφή)

Όνομα Επώνυμο
Βαθμίδα

Όνομα Επώνυμο
Βαθμίδα

Όνομα Επώνυμο
Βαθμίδα

Περίληψη

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή εξετάζει την επεξεργασία των αποτελεσμάτων μιας πειραματικής διαδικασίας που αφορά την θερμική κατεργασία μετάλλων. Η συλλογή μεταφορά και επεξεργασία των αποτελεσμάτων καθώς και η περαιτέρω ανάλυσή τους γίνεται μέσα από διάφορα λογισμικά. Το συγκεκριμένο πείραμα πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο εργαστηριακού μαθήματος της Γ΄ τάξης Επαγγελματικού Λυκείου της ειδικότητας των Ηλεκτρονικών την σχολική περίοδο 2015 - 2016. Οι πρώτες μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με την χρήση του προγράμματος LabVIEW. Κατόπιν οι μετρήσεις που αντλήθηκαν από το πείραμα αναλύθηκαν με την χρήση του στατιστικού πακέτου IBM Statistics SPSS version 22. Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων των μετρήσεων παρείχε μια πιο αναλυτική ματιά αναφορικά με την συμπεριφορά και την θερμοκρασιακή μεταβολή του μετάλλου το οποίο υποβλήθηκε στην θερμική κατεργασία. Στη συνέχεια μελετήθηκε η πιθανότητα αναπλαισίωσης και δόμησης μιας ολοκληρωμένης διδασκαλίας σε σχέση με το πείραμα και διερευνήθηκε η δυνατότητα αξιοποίησης της εκπαιδευτικής μεθοδολογίας STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). Η μελέτη κατέληξε σε προτάσεις για την αξιοποίηση της STEM για τα εργαστηριακά μαθήματα της Δευτεροβάθμιας Τεχνικής Επαγγελματικής Εκπαίδευσης (ΔΤΕΕ). Για την ολοκλήρωση της μελέτης σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε σε περιβάλλον Visual Studio εφαρμογή η οποία προσομοιώνει το παραπάνω εργαστηριακό πείραμα.

Abstract

This thesis examines the processing of the results of an experimental procedure about metal heat treatments. The collection, transport and processing of the data and their further analysis is done through various software packages. This experiment was carried out in a laboratory course in the third grade of a Vocational Lyceum with specialty in Electronics in the school year 2015-2016. The first measurements were performed using the LabVIEW program. Then, the collected data were analyzed using the statistical package IBM Statistics SPSS version 22. The statistical processing of the measurement results provided a more comprehensive look regarding the behaviour and the temperature change of the metal which was subjected to heat treatment. Then, we studied the possibility of reframing and building an integrated instructional package in relation to the experiment and investigated the possibility of using the educating methodology of S-T-E-M. (Science, Technology, Engineering and Mathematics). The study resulted in recommendations for the use of STEM for laboratory lessons of Secondary Technical Vocational Education (TVET). As a conclusion of the study, an application was designed and implemented in an environment of Visual Studio that simulates the above laboratory experiment.

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Βασίλειος Κωστής
Στους αγαπημένους μου γονείς
Φώτιο και Αγγελική

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της διατριβής μου οφείλω να ευχαριστήσω όλους όσους βοήθησαν στην υλοποίησή της.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Χρήστο Δουληγέρη και τον υποψήφιο διδάκτορα Δημήτριο Κοτσιφάκο, για την σημαντική καθοδήγηση που μου προσέφεραν καθώς και για το αμείωτο ενδιαφέρον για την μεταπτυχιακή μου διατριβή προκειμένου να επιτευχθεί το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

Παράλληλα θα ήθελα να ευχαριστήσω το 7ο Εργαστηριακό Κέντρο Πειραιώς (Πέραμα), τους καθηγητές Ηλεκτρονικής και Μηχανολογίας που οργάνωσαν το πείραμα και βεβαίως τους μαθητές της Γ΄ Λυκείου της σχολικής περιόδου 2015 – 16, του τμήματος Ηλεκτρονικής, που πραγματοποίησαν τις μετρήσεις στα πλαίσια του εργαστηρίου τους.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, Φώτιο και Αγγελική, αλλά και τους φίλους μου, για την ψυχική στήριξη που μου προσέφεραν.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	14
2. Θερμικές Κατεργασίες	15
2.1 Εισαγωγή	15
2.2 Ανόπτηση	15
2.2.1 Ανόπτηση Αποκατάστασης	16
2.2.2 Ανόπτηση Ανακρυστάλλωσης	17
2.3 Θερμικές κατεργασίες χαλύβων	17
2.3.1 Ανόπτηση Κατεργασίας	18
2.3.2 Ανόπτηση Εξομάλυνσης	18
2.3.3 Πλήρης Ανόπτηση	19
2.3.4 Αποτακική ανόπτηση	19
2.3.5 Ανόπτηση Σφαιροποίησης	19
2.4 Η ανάγκη συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων	19
3. Εισαγωγή στο λογισμικό LabVIEW και περιγραφή πειραματικής διαδικασίας	21
3.1 Πειραματική Διαδικασία – Μετρήσεις	22
3.2 Προετοιμασία Πειραματικής Διάταξης	23
3.3 Αισθητήρας και Κάρτα φίλτρου για τη σύλληψη δεδομένων σε συνδυασμό με την ρύθμιση της κατάλληλης σειριακής επικοινωνίας..	24
3.4 Καταγραφικό και Κώδικας της Πειραματικής Διάταξης	28
4. Η ανάγκη για προέκταση της ανάλυσης των μετρήσεων	30
4. Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων Πειράματος Ανόπτησης	32
4.1 Εισαγωγή	32
4.2 Περιγραφική Ανάλυση Δεδομένων	32
4.2.1 Περιγραφική Ανάλυση της Μεταβλητής «Χρόνος»	33
4.2.2 Περιγραφική Ανάλυση της Μεταβλητής «Θερμοκρασία»	33

4.3 Έλεγχος Κανονικότητας Μεταβλητών	35
4.4 Έλεγχος Συσχέτισης Μεταβλητών	37
4.5 Εφαρμογή Απλής Γραμμικής Παλινδρόμησης	39
4.5.1 Εισαγωγή	39
4.5.2 Μοντέλο Απλής Γραμμικής Παλινδρόμησης	40
4.5.3 Έλεγχος Καταλληλότητας Μοντέλου Απλής Γραμμικής Παλινδρόμησης	41
4.6 Εφαρμογή Χρονολογικών Σειρών	42
4.6.1 Εισαγωγή	42
4.6.2 Έλεγχος Στασιμότητας Χρονολογικής Σειράς	43
4.6.3 Εφαρμογή Υποδείγματος ARIMA	45
5. STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics)	49
5.1 Εισαγωγή	49
5.2 STEM και Επαγγελματικός Προσανατολισμός	51
5.3 Λόγοι Ορισμού του STEM ως Ολοκληρωμένου Προγράμματος Σπουδών	53
5.3.1 Αδιαφιλονίκητο Πρόγραμμα Σπουδών	53
5.3.2 Σαφήνεια	53
5.3.3 Επαγγελματική και Γενική Εκπαίδευση	55
5.3.4 Ευθυγράμμιση	55
5.3.5 Επιστημολογία	56
5.4 Στόχοι της Εκπαιδευτικής Πολιτικής του STEM	56
5.5 Προτεινόμενη εκπαιδευτική προσέγγιση στην Τεχνολογική Εκπαίδευση στα πρότυπα του STEM	58
5.5.1 Εισαγωγή	58
5.5.2 Διατύπωση σαφών εκπαιδευτικών στόχων	59
5.5.3 Καθιέρωση συνάφειας του υλικού του μαθήματος με προηγούμενες γνώσεις και επαγωγική εκπαίδευση	60

5.5.4 Εξισορρόπηση συγκεκριμένων και αφηρημένων πληροφοριών σε κάθε μάθημα	61
5.5.5 Προώθηση της ενεργητικής μάθησης στην τάξη	61
5.5.6 Χρήση της συνεργατικής μάθησης	62
5.5.7 Χρήση απαιτητικών αλλά δίκαιων εξετάσεων	64
5.5.8 Εκδήλωση ενδιαφέροντος και ανησυχίας αναφορικά με την πρόοδο των μαθητών	65
6. Προσομοίωση	68
6.1 Εισαγωγή	68
6.2 Τύποι Προσομοίωσης	68
6.3 Συστήματα και Μοντέλα	69
6.3.1 Συστήματα	69
6.3.2 Μοντέλα	70
6.4 Λόγοι Χρήσης Προσομοίωσης	71
6.5 Εφαρμογές Προσομοίωσης	72
6.6 Στατιστική και Προσομοίωση	73
6.7 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Προσομοίωσης	73
6.8 Η Προσομοίωση στο Μέλλον	74
7. Προσομοιωμένη Απεικόνιση Πειραματικής Διαδικασίας	75
7.1 Περιγραφή Εφαρμογής	75
8. Ανακεφαλαίωση - Συμπεράσματα	80
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	81

Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 4.1: Απεικόνιση των μεταβλητών στο Excel.....	32
Πίνακας 4.2: Πίνακας Περιγραφικών Μέτρων της μεταβλητής «Χρόνος».....	33
Πίνακας 4.3: Πίνακας Περιγραφικών Μέτρων της μεταβλητής «Θερμοκρασία».....	34
Πίνακας 4.4: Υποθέσεις κατανομής.....	36
Πίνακας 4.5: Πίνακας αποτελεσμάτων τεστ κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov.....	37
Πίνακας 4.6: Υποθέσεις συσχέτισης.....	37
Πίνακας 4.7: Πίνακας αποτελεσμάτων γραμμικής συσχέτισης του Pearson.....	38
Πίνακας 4.8: Υποθέσεις συσχέτισης.....	38
Πίνακας 4.9: Πίνακας μοντέλου με μέθοδο εκτίμησης καμπύλης των παρατηρούμενων παρατηρήσεων (Curve Estimation).....	39
Πίνακας 4.10: Πίνακας Παραμέτρων Μοντέλου Απλής Γραμμικής Παλινδρόμησης.....	40
Πίνακας 4.11: Πίνακας Ανάλυσης Διακύμανσης(ANOVA).....	41
Πίνακας 4.12: Πίνακας Σύνοψης Μοντέλου Απλής Γραμμικής Παλινδρόμησης.....	42
Πίνακας 4.13: Πίνακας Περιγραφής Μοντέλου Χρονολογικής Σειράς.....	45
Πίνακας 4.14: Πίνακας Ανάλυσης Χρονολογικής Σειράς.....	45
Πίνακας 4.15: Πίνακας Παραμέτρων ARIMA Μοντέλου.....	46

Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 2.1: Θερμική απεικόνιση στοιχείου πριν και μετά την κατεργασία της ανόπτησης.....	16
Εικόνα 2.2: Σχηματική αναπαράσταση ανακρυστάλλωσης.....	17
Εικόνα 2.3: Θερμικές κατεργασίες χαλύβων (α) Βασικές θερμικές κατεργασίες (β) Περιοχές εφαρμογής τους στο διάγραμμα Fe-C.....	18
Εικόνα 2.4: Σχηματική απεικόνιση μεταβολής των μηχανικών ιδιοτήτων του μετάλλου κατά την ψύξη.....	19
Εικόνα 2.5: Σύγχρονος Κλίβανος Ανόπτησης.....	20
Εικόνα 3.1: Πίνακας τύπων μεταβλητών(Var Type).....	22
Εικόνα 3.2: Προετοιμασία υλικού.....	23
Εικόνα 3.3: Πύρωση υλικού.....	23
Εικόνα 3.4: Τοποθέτηση ακροδέκτη αισθητήρα.....	24
Εικόνα 3.5: Χειρισμός Σειριακών θυρών.....	25
Εικόνα 3.6: Serial Port Init.....	25
Εικόνα 3.7: Serial Port Read.....	26
Εικόνα 3.8: Bytes at Serial Port.....	26
Εικόνα 3.9: Serial Port Write.....	26
Εικόνα 3.10: Serial Port Break.....	27
Εικόνα 3.11: Κάρτα Φίλτρου της National Instruments.....	27
Εικόνα 3.12: Σύνδεση με Θύρα του Υπολογιστή.....	28
Εικόνα 3.13: Κάρτα PCI-6024E	28
Εικόνα 3.14: Block Diagram.....	29
Εικόνα 3.15: Front Panel.....	29
Εικόνα 3.16: Αποτύπωση Επιλογών (Front Panel & Block Diagram).....	30

Εικόνα 3.17: Αποτύπωση επιλογής χρήστη μετά την θερμοκρασιακή μεταβολή.....	30
Εικόνα 4.1: Ιστόγραμμα συχνοτήτων της μεταβλητής «Θερμοκρασία».....	35
Εικόνα 4.2: Διάγραμμα Q-Q Plot της μεταβλητής «Χρόνος».....	35
Εικόνα 4.3: Διάγραμμα Q-Q Plot της μεταβλητής «Θερμοκρασία».....	36
Εικόνα 4.4: Διάγραμμα σημείων (Scatter Plot).....	38
Εικόνα 4.5: Διάγραμμα παρατηρούμενων τιμών και ευθείας γραμμικής παλινδρόμησης.....	40
Εικόνα 4.6: Παράδειγμα Στάσιμης Χρονολογικής Σειράς.....	43
Εικόνα 4.7: Παράδειγμα Μη Στάσιμης Χρονολογικής Σειράς.....	44
Εικόνα 4.8: Διάγραμμα Ελέγχου Στασιμότητας - Time sequence plot.....	44
Εικόνα 4.9: Γράφημα Παρατηρουμένων με Προβλεφθεισών Τιμών.....	46
Εικόνα 5.1: Ποσοστιαία κατανομή των πεδίων του STEM.....	49
Εικόνα 5.2: Ποσοστά μαθητών που ακολουθούν τα πεδία STEM στην Ασία σύμφωνα με την ανάλυση δεδομένων από τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών.....	50
Εικόνα 5.3: Ιστόγραμμα ποσοστιαίας αύξησης ζήτησης επαγγελματιών γύρω από το STEM έως το 2020.....	51
Εικόνα 5.4: Επαγγέλματα των πεδίων του STEM με τις υψηλότερες οικονομικές απολαβές στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής σύμφωνα με το U.S. Bureau of Labor Statistics.....	52
Εικόνα 6.1: Απλή περιγραφή της διαδικασίας ανάπτυξης μοντέλων προσομοίωσης.....	68
Εικόνα 6.2: Ιεραρχία πραγματικότητας, συστήματος και μοντέλου.....	71
Εικόνα 7.1: Φόρμα καλωσορίσματος και εισαγωγής στοιχείων μαθητή.....	75
Εικόνα 7.2: Επιλογή στοιχείου προς επεξεργασία και αρχικοποίηση θερμοκρασίας.....	76

Εικόνα 7.3: Επιλογή στοιχείου προς επεξεργασία και επιλογή της ανώτατης θερμοκρασίας	76
Εικόνα 7.4: Φόρμα εικονικής παρουσίασης της πειραματικής διαδικασίας	77
Εικόνα 7.5: Φόρμα παρουσίασης αποτελεσμάτων πειράματος με την βοήθεια του διαγράμματος “Θερμοκρασίας- Χρόνου”	78
Εικόνα 7.6: Φόρμα παρουσίασης αποτελεσμάτων πειράματος με την βοήθεια του διαγράμματος “Παρατηρούμενων-Προβλεφθεισών Τιμών”	78
Εικόνα 7.7: Φόρμα αποχαιρετισμού και ολοκλήρωσης της πειραματικής διαδικασίας	79

1. Εισαγωγή

Η ταχεία ανάπτυξη των υπολογιστών τα τελευταία χρόνια είχε ως αποτέλεσμα την εισαγωγή των διαφόρων πληροφοριακών συστημάτων και εφαρμογών σε αρκετές από τις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες της ανθρώπινης λειτουργίας. Μία από αυτές είναι και η εκπαίδευση. Μέσα από την χρήση διαφόρων εφαρμογών πληροφορικής γίνεται μία προσπάθεια εκμάθησης διαφόρων επιστημονικών πεδίων και φαινομένων. Με την χρήση προσομοιώσεων παρουσιάζονται στους μαθητές διάφορες πειραματικές διαδικασίες με σχετικά απλό και συνήθως φιλικό τρόπο απέναντι στους χρήστες, τηρώντας πάντα τα εκπαιδευτικά πρότυπα.

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή πραγματοποιήθηκε μία ανάλογη προσπάθεια. Παρουσιάζουμε ένα φυσικό φαινόμενο που αφορά την θερμική κατεργασία των μετάλλων και μέσα από διάφορα πληροφοριακά συστήματα προσπαθούμε να αναλύσουμε τις πειραματικές μεταβλητές σε βάθος. Με το πέρας της ανάλυσης αυτής κατασκευάστηκε μία απλή εφαρμογή με τη χρήση της οποίας μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης μπορούν να κατανοήσουν γρήγορα και εύκολα την όλη πειραματική διαδικασία που πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο. Παράλληλα έχει προταθεί και ένα εκπαιδευτικό πλαίσιο στα πρότυπα του STEM, που σκοπό έχει την βελτίωση της τεχνικής εκπαίδευσης στον ελλαδικό χώρο.

Αναλυτικότερα η δομή των κεφαλαίων της μεταπτυχιακής διατριβής παρουσιάζεται παρακάτω:

1. **Εισαγωγή:** Γίνεται μία σύντομη περιγραφή του θέματος που πραγματεύεται η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή και παρουσιάζονται τα επιμέρους κεφάλαια.
2. **Θερμικές Κατεργασίες:** Παρουσιάζεται το θερμικό φαινόμενο της ανόπτησης ενώ παράλληλα πραγματοποιείται και μία παρουσίαση των θερμικών κατεργασιών των μετάλλων.
3. **Εισαγωγή στο λογισμικό Lab View και περιγραφή πειραματικής διαδικασίας:** Παρουσιάζεται ο τρόπος διεξαγωγής της πειραματικής διαδικασίας στο εργαστήριο ενώ παράλληλα μέσω του λογισμικού LabVIEW γίνεται η καταγραφή και συλλογή των δεδομένων των μεταβλητών της πειραματικής διαδικασίας.
4. **Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων Πειράματος κατεργασίας:** Πραγματοποιείται στατιστική ανάλυση των δεδομένων που συλλέχτηκαν κατά την πειραματική διαδικασία με την χρήση του στατιστικού πακέτου IBM Statistics SPSS version 22.
5. **STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics):** Προτείνεται το εκπαιδευτικό πλαίσιο στην δευτεροβάθμια τεχνική εκπαίδευση που αφορά το πρότυπο του STEM.
6. **Προσομοίωση:** Παρουσιάζονται σε θεωρητικό επίπεδο τα οφέλη της προσομοίωσης.
7. **Εφαρμογή:** Παρουσιάζεται η εφαρμογή που προσομοιώνει την πειραματική διαδικασία.
8. **Ανακεφαλαίωση – Συμπεράσματα:** Γίνεται μία σύντομη ανακεφαλαίωση και προτείνονται μελλοντικές δραστηριότητες στις κατευθύνσεις που θίξαμε στη διατριβή.

2. Θερμικές Κατεργασίες

2.1 Εισαγωγή

Με τον όρο θερμική κατεργασία μετάλλου ή κράματος χαρακτηρίζουμε τον συνδυασμό θέρμανσης και απόψυξης που έχει ως αποτέλεσμα την μεταβολή της κρυσταλλικής δομής του μετάλλου ή του κράματος με σκοπό την βελτίωση των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων του (Παπασαραντοπούλου, 2002). Στον καθορισμό του αποτελέσματος της θερμικής κατεργασίας σημαντικό ρόλο παίζουν οι παρακάτω δύο παράμετροι:

- Ο χρόνος παραμονής σε μία δεδομένη θερμοκρασία
- Η ταχύτητα μετάβασης από την αρχική στην τελική θερμοκρασία

Οι δύο αυτές παράμετροι επηρεάζουν σημαντικά τις μηχανικές ιδιότητες του μετάλλου ενώ γενικότερα οι θερμικές κατεργασίες δεν ασκούν επίδραση ούτε στην μορφή (διαστάσεις), ούτε στην χημική σύσταση ενός μεταλλικού τεμαχίου αλλά μόνο στην κρυσταλλική δομή ή στο μέγεθος των κόκκων ή και στα δύο.

2.2 Ανόπτηση

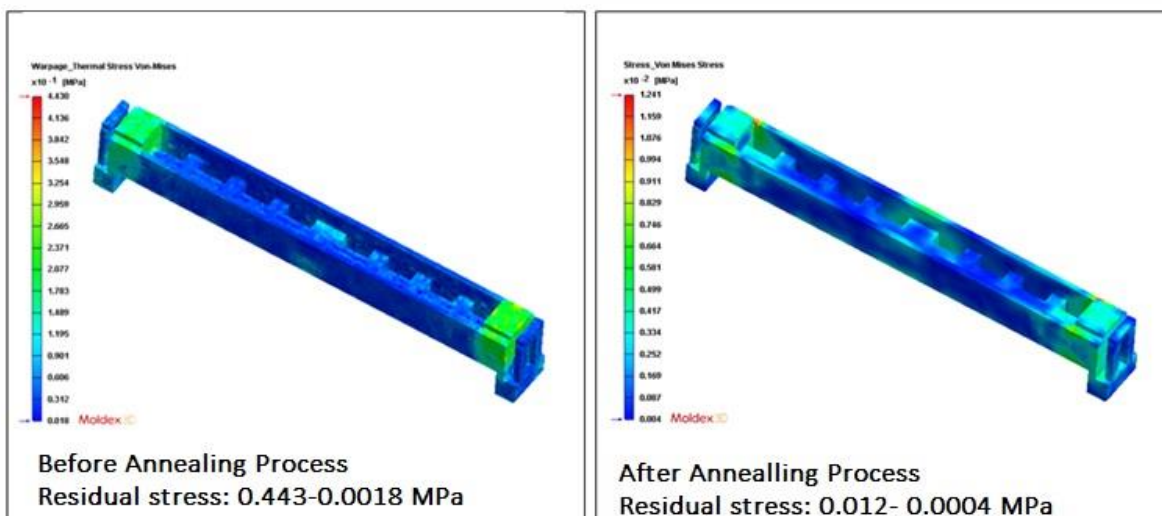
Ανόπτηση ονομάζεται στη μεταλλουργία η θερμική κατεργασία (Εικόνα 2.1) στην οποία υποβάλλεται ένα μέταλλο ή κράμα, που έχει υποστεί κάποια κατεργασία π.χ. σφυρηλάτηση ή ενδοτράχυνση, προκειμένου στη συνέχεια υποβαλλόμενο σε ψύξη να βελτιωθεί η ευκαμψία του και να γίνει λιγότερο εύθρυπτο. Η εφαρμογή της θερμικής ανόπτησης είναι πολύ κοινή σε διαδικασίες παραγωγής οι οποίες απαιτούν εκτεταμένη πλαστική παραμόρφωση, καθώς επιτρέπει μια παράταση της παραμόρφωσης, χωρίς να επέλθει θραύση ή να χρειαστεί υπερβολική κατανάλωση ενέργειας. Κατά τη διάρκεια αυτής της κατεργασίας είναι δυνατό να συμβούν αποκατάσταση και ανακρυστάλλωση. Συνήθως είναι επιθυμητή η απόκτηση λεπτοκρυσταλλικής δομής και συνεπώς η θερμική διεργασία τερματίζεται εγκαίρως, πριν επέλθει σημαντική ανάπτυξη του μεγέθους των κόκκων. Η επιφανειακή οξειδωση αποφεύγεται ή ελαχιστοποιείται εάν η θερμοκρασία της ανόπτησης παραμείνει σε σχετικά χαμηλά επίπεδα, (υψηλότερα όμως της θερμοκρασίας ανακρυστάλλωσης), ή εάν η διεργασία πραγματοποιηθεί σε μη οξειδωτική ατμόσφαιρα (Callister & Rethwisch, 2016). Κατά την ανόπτηση το υλικό θερμαίνεται μέσα σε ειδικό κλίβανο, ("κλίβανος ανόπτησης"), σε υψηλή θερμοκρασία (500–850°C) για κάποιο χρονικό διάστημα και στη συνέχεια ψύχεται αργά για αρκετές ώρες, σε θερμοκρασία δωματίου έτσι ώστε να εξαλειφθούν οι υπολειπόμενες εσωτερικές τάσεις (καταπονήσεις) που προκάλεσε η ενδοτράχυνση. Συνηθέστερα ανόπτηση γίνεται σε υλικά αλουμινίου, σε προϊόντα και την παραγωγή γυαλιού και ειδικότερα στη χαλυβουργία (Σουρέλη, 1997).

Η ανόπτηση γίνεται συνήθως σε μέταλλα ή κράματα που έχουν υποστεί ψυχρή έλαση και περιλαμβάνει τρία στάδια:

1. Αποκατάσταση — Κατά το στάδιο αυτό, το υλικό θερμαίνεται σε θερμοκρασία περίπου ίση με $0,3T_m$, όπου T_m η θερμοκρασία τήξης του υλικού. Με την θέρμανση του υλικού, επιτυγχάνεται αναδιοργάνωση και αποδέσμευση των κρυσταλλικών διαταραχών (ατελειών) που προκάλεσε η ενδοτράχυνση. Η πυκνότητα των διαταραχών μειώνεται λίγο με συνέπεια την μικρή μείωση της σκληρότητας και την μικρή βελτίωση της ολκιμότητας του υλικού.
2. Ανακρυστάλλωση — Κατά την ανακρυστάλλωση, το υλικό θερμαίνεται σε θερμοκρασία υψηλότερη από $0,4T_m$. Η υψηλότερη θέρμανση επιτρέπει τον σχηματισμό νέων κόκκων (κρυστάλλων) που έχουν πολύ λίγες διαταραχές και η μικροδομή του υλικού γίνεται πιο σφαιρική. Επίσης, η πυκνότητα των διαταραχών μειώνεται δραστικά (π.χ. από $10^{15}/m^2$ στις $10^{10}/m^2$).
3. Ανάπτυξη των κρυστάλλων — Η αύξηση του μεγέθους των κόκκων (κρυστάλλων) επιτυγχάνεται με διατήρηση του υλικού στην θερμοκρασία ανακρυστάλλωσης για μεγάλο χρόνο. Οι κόκκοι που δημιουργούνται στο στάδιο της ανακρυστάλλωσης αρχίζουν να μεγαλώνουν, καθώς σ' αυτούς ενσωματώνονται οι μικροί κόκκοι που τους περιβάλλουν.

Έτσι, μειώνεται σημαντικά η σκληρότητα του υλικού, αλλά και η αντοχή του.

Η ανόπτηση γίνεται συνήθως σε ατμόσφαιρα αναγωγικού αερίου (H₂, CO, κ.ά.) για να μην οξειδωθεί η επιφάνεια του μεταλλικού υλικού. Μεγάλο ρόλο στην ανόπτηση παίζει η διάχυση των ατόμων στην στερεά κατάσταση. Με την ανόπτηση ένα μεταλλικό υλικό χάνει μεγάλο μέρος της σκληρότητας που απέκτησε με την ενδοτράχυνση και γίνεται πιο αγώγιμο στον ηλεκτρισμό. Επίσης, με την εξάλειψη κρυσταλλικών ατελειών, αυξάνεται η πυκνότητα του υλικού.



Εικόνα 2.1: Θερμική απεικόνιση στοιχείου πριν και μετά την κατεργασία της ανόπτησης (<http://www.moldex3d.com/en/newsletter/adding-value-to-plastic-products-through-annealing>).

2.2.1 Ανόπτηση Αποκατάστασης

Κατά την ανόπτηση αποκατάστασης, ορισμένες φυσικές και μηχανικές ιδιότητες που είχαν μεταβληθεί κατά την διάρκεια της ψυχρής κατεργασίας, επανέρχονται στα αρχικά τους επίπεδα χωρίς να έχει παρατηρηθεί κάποια ουσιαστική αλλαγή στην κρυσταλλική δομή του μετάλλου (Μάμαλη, 1997).

Η αποκατάσταση των μηχανικών ιδιοτήτων πραγματοποιείται σε σχετικά υψηλή θερμοκρασία, προκειμένου να γίνει πιο εύκολη η διάχυση σε στερεά κατάσταση, αλλά πάντοτε σε θερμοκρασία χαμηλότερη της χαρακτηριστικής θερμοκρασίας ανακρυστάλλωσης του υλικού.

Τα μέταλλα μπορεί να χωριστούν στις δύο παρακάτω κατηγορίες:

- Μέταλλα με μικρή μέση ενέργεια σφαλμάτων επιστοίβασης. Στην κατηγορία αυτή οι διαταραχές δεν αναρριχώνται εύκολα, πράγμα που έχει ως αποτέλεσμα την μη μεταβολή των μηχανικών ιδιοτήτων τους παρά μόνο κατά την διάρκεια της ανακρυστάλλωσης. Αυτό παρατηρείται κυρίως στον χαλκό (Cu) και στο νικέλιο (Ni).
- Μέταλλα με μεγάλη τιμή σφαλμάτων επιστοίβασης. Σε αυτή την κατηγορία έχει παρατηρηθεί ότι πραγματοποιείται εύκολα μια σημαντική ανακατανομή των μηχανικών ιδιοτήτων. Αυτό συμβαίνει πριν την ανακρυστάλλωση και παρατηρείται στον σίδηρο (Fe) και στο αλουμίνιο (Al).

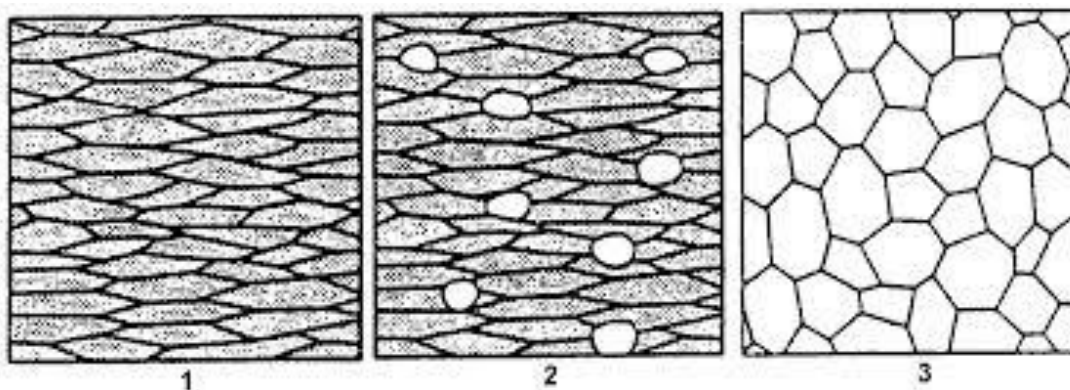
Στο σημείο αυτό μπορούμε να πούμε ότι ο βαθμός της επιτυγχανόμενης αποκατάστασης των διαφόρων ιδιοτήτων των μετάλλων σε μια δεδομένη θερμοκρασία είναι συνάρτηση: α) της διάρκειας παραμονής στην δεδομένη θερμοκρασία, β) της έκτασης προηγηθείσας πλαστικής παραμόρφωσης και γ) του αρχικού μεγέθους των κόκκων. Η κινητική της αποκατάστασης είναι χαρακτηριστική και διαφορετική από την κινητική της ανακρυστάλλωσης. Η ταχύτητα αποκατάστασης έχει παρατηρηθεί ότι είναι αύξουσα συνάρτηση της θερμοκρασίας ανόπτησης, και μειώνεται συνεχώς συναρτήσει του χρόνου ανόπτησης (Χρυσουλάκης & Παντελής, 1996).

2.2.2 Ανόπτηση Ανακρυστάλλωσης

Η ανόπτηση ανακρυστάλλωσης πραγματοποιείται σε θερμοκρασία υψηλότερη από αυτήν της ανόπτησης αποκατάστασης. Συχνά, αναφέρεται με τον όρο πρωτογενή ανακρυστάλλωση και χαρακτηρίζεται από την ριζική ανάπλαση των κρυστάλλων που έχουν υποστεί μία ψυχρή παραμόρφωση και την δημιουργία ενός νέου ιστού κόκκων.

Το φαινόμενο συνοδεύεται από μία σημαντική μείωση της πυκνότητας των διαταραχών, γιατί οι διαταραχές απορροφώνται από τα όρια των κόκκων του νέου ιστού. Κατά την διάρκεια της ανακρυστάλλωσης εμφανίζονται πυρήνες διαφορετικού προσανατολισμού, οι οποίοι καθώς αναπτύσσονται συναντιούνται μεταξύ τους έως ότου ολοκληρωθεί ο αρχικός ιστός του μετάλλου να αντικατασταθεί από ένα νέο, ο οποίος θα αποτελείται από κοινούς προσανατολισμένους και απαρμόρφωτους κόκκους.

Το στάδιο της ανακρυστάλλωσης ολοκληρώνεται την στιγμή που τα όρια των κόκκων του νέου πλέον ιστού συναντηθούν, οπότε και αρχίζει το στάδιο ανάπτυξης των κόκκων (Εικόνα 2.2).



Εικόνα 2.2: Σχηματική αναπαράσταση ανακρυστάλλωσης (<http://www.slideshare.net/gauravshukla3511041/annealing-44674078>).

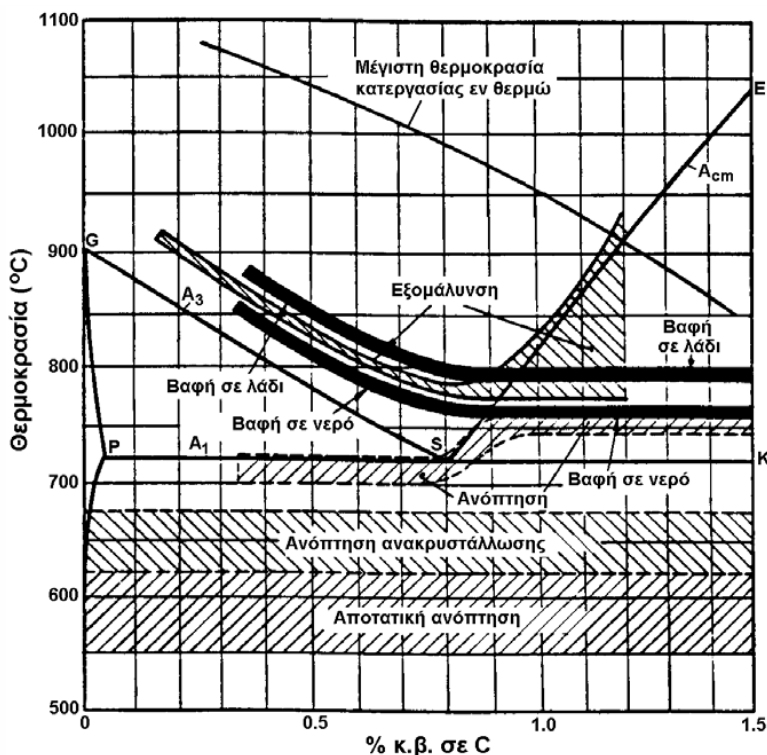
2.3 Θερμικές κατεργασίες χαλύβων

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι θερμικές κατεργασίες των χαλύβων (Εικόνα 2.3). Μετά από πολλές έρευνες έχει παρατηρηθεί ότι ένα τεμάχιο χάλυβα σταθερής χημικής σύνθεσης μετά από την κατάλληλη θερμική κατεργασία μπορεί να αποκτήσει κάθε φορά μια νέα κρυσταλλική δομή και νέο μέγεθος κόκκων. Με βάση αυτό οι χάλυβες είναι ίσως από τα λίγα κράματα τα οποία μπορούν να αποκτήσουν βελτιωμένες μηχανικές ιδιότητες.

Οι θερμικές κατεργασίες των χαλύβων διακρίνονται στις παρακάτω δύο κατηγορίες:

- Θερμικές κατεργασίες εντός μάζας.
- Επιφανειακές κατεργασίες.

Οι θερμικές κατεργασίες εντός της μάζας του χάλυβα έχουν ως αποτέλεσμα την ελάττωση ή την ολική απουσία των μηχανικών τάσεων. Η σημαντικότερη από αυτές τις κατεργασίες είναι η ανόπτηση ενώ παράλληλα υπάρχουν και άλλες δύο κατεργασίες, η βαφή και η επαναφορά. Οι θερμικές κατεργασίες εντός της μάζας των χαλύβων έχουν σκοπό την αποτελεσματική βελτίωση των μηχανικών τους ιδιοτήτων. Γενικά, οι θερμικές κατεργασίες εντός της μάζας των χαλύβων οδηγούν κυρίως στην σκλήρυνσή τους, σε ελάττωση ή ολική απαλοιφή των μηχανικών τάσεων και σε ρύθμιση του μεγέθους των κόκκων και των μηχανικών ή άλλων ιδιοτήτων τους. Οι χάλυβες υποβάλλονται σε διάφορων ειδών ανοπτήσεις που έχουν ως κύριο αποτέλεσμα την βελτίωση των ιδιοτήτων τους (Παρίκου, 1994). Οι διαδικασίες που παρουσιάζονται εξαρτώνται κυρίως από τις προηγούμενες κατεργασίες.



Εικόνα 2.3: Θερμικές κατεργασίες χαλύβων (α) Βασικές θερμικές κατεργασίες (β) Περιοχές εφαρμογής τους στο διάγραμμα Fe-C (<http://courseware.mech.ntua.gr/ml26012/mathimata/Thermikes%20katergasies%20xalivon.pdf>)

2.3.1 Ανόπτηση Κατεργασίας

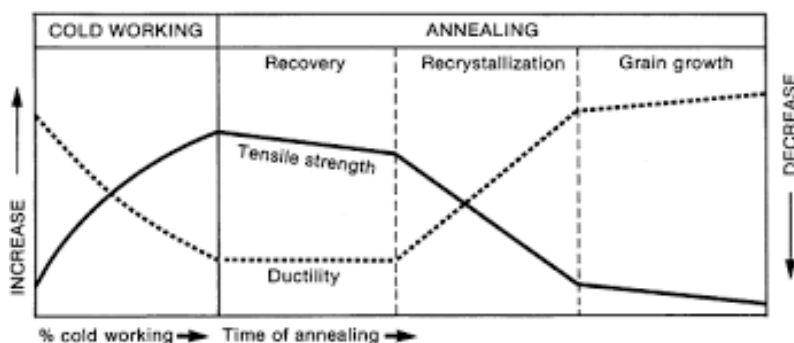
Η ανόπτηση κατεργασίας αποτελεί μία θερμική επεξεργασία στην οποία υποβάλλεται το μέταλλο για να επιστρέψει στην κατάσταση που βρισκόταν πριν να έχει υποστεί ψυχρή κατεργασία (Εικόνα 2.3). Έτσι αυξάνεται η ολκιμότητα του μετάλλου το οποίο έχει υποστεί σκλήρυνση με ενδοτράχυνση. Κύριος στόχος της κατεργασίας αυτής είναι να διατηρηθεί η πλαστική παραμόρφωση του μετάλλου χωρίς να επέλθει θράση και χωρίς να χρειαστούν μεγάλα ποσά ενέργειας. Έχει παρατηρηθεί ότι κατά την διάρκεια της ανωτέρω κατεργασίας είναι δυνατόν να παρουσιαστούν τα φαινόμενα της αποκατάστασης και της ανακρυστάλλωσης (Αντωνοπούλου, 1991). Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονίσουμε ότι η οξειδωση του μετάλλου μπορεί να αποφευχθεί όταν η θερμοκρασία της κατεργασίας παραμένει σε χαμηλά επίπεδα ή όταν η κατεργασία πραγματοποιηθεί σε μία ελεγχόμενη ατμόσφαιρα.

2.3.2 Ανόπτηση Εξομάλυνσης

Η κατεργασία της ανόπτησης εξομάλυνσης εφαρμόζεται κυρίως σε περιπτώσεις όπου απαιτείται να υπάρχει στο μέταλλο μία ομοιόμορφη κρυσταλλική δομή. Για να μπορέσει να επιτευχθεί αυτό, ο χάλυβας θερμαίνεται σε θερμοκρασία κατά 55 έως 85 βαθμούς Κελσίου παραπάνω από την κρίσιμη θερμοκρασία με αποτέλεσμα την πλήρη ωστενιτοποίηση του χάλυβα. Στην συνέχεια η κατεργασία ολοκληρώνεται με την ψύξη του μετάλλου σε θερμοκρασία περιβάλλοντος με αποτέλεσμα την βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων του. Η κατεργασία αυτή εφαρμόζεται στην βιομηχανία για να πραγματοποιηθεί μία εκλέπτυνση των κόκκων αντικειμένων που έχουν ως προέλευση τον χυτοχάλυβα.

2.3.3 Πλήρης Ανόπτηση

Η πλήρης ανόπτηση εφαρμόζεται σε χάλυβες οι οποίοι έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα και στόχος της είναι η δημιουργία μιας πλαστικής παραμόρφωσης του μετάλλου το οποίο πρόκειται να υποστεί κατεργασίες μορφοποίησης ή κοπής. Το κράμα θερμαίνεται σε θερμοκρασίες τέτοιες ώστε να επέλθει μία πλήρης ισορροπία και στην συνέχεια ψύχεται για αρκετό χρονικό διάστημα μέχρι την θερμοκρασία περιβάλλοντος (Εικόνα 2.4). Αποτέλεσμα αυτής της κατεργασίας είναι η αυξημένη ολκιμότητα του μετάλλου.



Εικόνα 2.4: Σχηματική απεικόνιση μεταβολής των μηχανικών ιδιοτήτων του μετάλλου κατά την ψύξη. (<http://www.slideshare.net/thiru1mech/annealing-normalizing-quenching-martensitic-transformation-1>)

Χαρακτηριστικό της πλήρης ανόπτησης είναι ότι αποτελεί μια ιδιαίτερως χρονοβόρα διαδικασία. Παρόλα αυτά είναι ευρέως διαδεδομένη διότι προσφέρει τέτοιες αλλαγές στην μηχανική αντοχή του, που το καθιστούν πιο εύκολα επεξεργάσιμο.

2.3.4 Αποτατική ανόπτηση

Κατά την αποτατική ανόπτηση ο χάλυβας θερμαίνεται σε θερμοκρασίες από 580° έως 650° βαθμούς Κελσίου, ενώ στην συνέχεια ακολουθεί η αργή απόψυξη του. Λόγω της αργής αυτής απόψυξης όλες οι εσωτερικές μηχανικές τάσεις που είχαν δημιουργηθεί κατά την βιομηχανική παραγωγή εξαλείφονται ενώ παράλληλα δεν μεταβάλλεται η κρυσταλλική δομή του κράματος (Πετρόπουλος, 1954).

2.3.5 Ανόπτηση Σφαιροποίησης

Η ανόπτηση σφαιροποίησης αφορά την θέρμανση του χάλυβα σε θερμοκρασίες κοντά στους 700 βαθμούς Κελσίου ενώ στη συνέχεια ακολουθεί η διαδικασία της απόψυξης η οποία μπορεί να διαρκέσει έως 25 ώρες. Αποτέλεσμα και αυτής της διεργασίας είναι η βελτίωση της κατεργασιμότητας του χάλυβα, ο οποίος γίνεται μαλακότερος και ολκιμότερος. Για πλήρη αξιοποίηση του φαινομένου της ανόπτησης χρησιμοποιούνται ειδικοί κλίβανοι (Εικόνα 2.5).

2.4 Η ανάγκη συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων

Η διαδικασία παρατήρησης, ερμηνείας και μελέτης των θερμοκρασιακών δεδομένων που αφορούν κατεργασίες υλικών είναι επίπονη και δαπανηρή. Για τη μελέτη των μεταβολών και την εμποπεία των τιμών των μεγεθών που εμφανίζονται θα χρειαζόμασταν διαδικασίες καταγραφών θερμοκρασίας με συγκεκριμένες και απαιτητικές προδιαγραφές. Θα επιδιώκαμε επίσης το συγκεκριμένο καταγραφικό θερμοκρασίας να ήταν εύχρηστο, πολλαπλών χρήσεων και όσο το δυνατό χαμηλού κόστους. Θα αναζητούσαμε διαδικασίες που να μπορούν να προγραμματιστούν και να το επαναχρησιμοποιηθούν. Βασική επιδίωξη θα ήταν το υλικό του οποίου τα στοιχεία θα

επεξεργαζόμενα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή και την επεξεργασία σε πολλαπλούς τομείς, ή οπουδήποτε απαιτείται η παρακολούθηση της θερμοκρασίας ευαίσθητων προϊόντων ή ακόμα και των περιβαλλοντικών συνθηκών όπου αυτή θα ήταν απαραίτητη. Αναζητούμε επίσης λύσεις με μεγάλο εύρος θερμοκρασίας και με ελεγχόμενη διαδικασία καταγραφών. Από το χώρο της Πληροφορικής, αξιοποιήσαμε το πακέτο LabVIEW (<http://www.ni.com/labview/>).



Εικόνα 2.5: Σύγχρονος Κλίβανος Ανόπτησης
(http://www.nabertherm.com/produkte/details/gr/labor_gluehaerteofen)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ν.Σ. Παπασαραντοπούλου (2002). «Εισαγωγή στην επιστήμη των υλικών» (σημειώσεις του μαθήματος “Τεχνολογία Υλικών” στα Τ.Ε.Ι. Σερρών).
2. Ι.Κ. Σουρέλη, (1997). «Θερμικές κατεργασίες μετάλλων», Εκδόσεις ΙΩΝ.
3. Α.Γ. Μάμαλη (1997).«Τεχνολογία των κατεργασιών των υλικών: Μεταλλικά τεχνικά υλικά». Αθήνα.
4. Γ.Δ. Χρυσουλάκης & Δ. Ι. Παντελής, (1996). «Επιστήμη και Τεχνολογία των μεταλλικών υλικών», Αθήνα, αυτοέκδοση.
5. Γ.Ι. Παρίκου (1994). «Βασικές κατεργασίες μετάλλων», Μακεδονικές Εκδόσεις.
6. Γ.Γ. Αντωνοπούλου (1991).«Μέταλλα και αλλά υλικά», Εκδόσεις Επιστημονικών βιβλίων και περιοδικών Θεσ/νίκη.
7. Π.Γ. Πετρόπουλος (1954). «Μεταλλουργία», Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα.
8. W. D. Callister, & D. G. Rethwisch, (2016). «Επιστήμη και Τεχνολογία των Υλικών», Εκδόσεις Τζιόλα, 9η έκδοση, ISBN 978-960-418-556-6.

3. Εισαγωγή στο λογισμικό LabVIEW και περιγραφή πειραματικής διαδικασίας.

Για τον έλεγχο των σεναρίων και την απόκτηση δεδομένων σε πραγματικές συνθήκες αξιοποιήθηκε το λογισμικό LabVIEW της National Instruments. Το LabVIEW, προέρχεται από τις λέξεις Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench, είναι ένα ισχυρό και ευέλικτο σύστημα προγραμματισμού, συλλογής, επεξεργασίας, ανάλυσης και παρουσίασης μετρήσεων, χρήσης και ελέγχου επιστημονικών οργάνων. Σε συνδυασμό με υλικό μονάδων/καρτών (device) ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει το δικό του εικονικό περιβάλλον του συστήματος μέτρησης, όπου αποκτώντας δεδομένα (Data Acquisition) μέσω μονάδων/καρτών σε πραγματικό χρόνο, να επεξεργαστεί, να καταγράψει, και να ελέγξει παραμέτρους του συστήματος μέτρησης ή του συστήματος ελέγχου (Καλοβρέκτης & Γκοτσίνας, 2008). Αυτό το σύστημα έχει σχεδιαστεί να λειτουργεί σε πολλές πλατφόρμες υπολογιστών, όπως τα HP-UX. Το συγκεκριμένο λογισμικό αποτελεί κατάλληλο βοήθημα για τους μαθητές της τεχνικής εκπαίδευσης (ΕΠΑ.Λ., ΕΠΑ.Σ.), του Ενιαίου Λυκείου και της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης (Α-Τ.Ε.Ι. – Α.Ε.Ι.) για μηχανικούς γιατί είναι γραμμένο με γνώμονα το επίπεδο δομημένου προγραμματισμού που έχουν διδαχθεί. Έτσι μπορούν άνετα να χειρισθούν τις προγραμματιστικές δομές του LabVIEW (Καλοβρέκτης, 2007; Καλοβρέκτης, 2009). Το LabVIEW Student Edition λειτουργεί μόνο στο περιβάλλον των Macintosh και στο περιβάλλον των Microsoft Windows. Όσον αφορά την διαχείριση του λογισμικού υπάρχει πλούσια αρθρογραφία (Σταμπολίδης, 2008) καθώς έχουν παρουσιαστεί στα πλαίσια επιμορφώσεων υποδειγματικές χρήσεις του λογισμικού (Καλοβρέκτης, κ.α., 2009; Πανέτσος κ.α., 2008) ειδικά για την Τεχνική Εκπαίδευση. Πέρα όμως και από αυτά, έχουν ήδη γραφτεί πτυχιακές, μεταπτυχιακές και διπλωματικές εργασίες υψηλής ειδικευσης με άξονα την αξιοποίηση του συγκεκριμένου λογισμικού (Σεργουινιώτης, 2005; Στρατάκος, 2007; Κωμαΐτης, 2011).

Το LabVIEW χρησιμοποιεί μια γραφική γλώσσα προγραμματισμού που ονομάζεται G. Με το πρόγραμμα αυτό αντί να γράφουμε σειριακά με τη μορφή εντολών το σώμα του προγράμματος, χρησιμοποιούμε block diagrams για την απεικόνιση απλών εντολών και υποπρογραμμάτων. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές, βασιζόμενες σε κείμενο γλώσσες προγραμματισμού, όπου οι εντολές καθορίζουν την εκτέλεση του προγράμματος, το LabVIEW χρησιμοποιεί προγραμματισμό ροής δεδομένων (dataflow programming) η οποία και καθορίζει την εκτέλεση. Ένα πρόγραμμα σε LabVIEW ονομάζεται VI (Virtual Instrument) επειδή μιμείται και λειτουργία ενός πραγματικού οργάνου. Τα προγράμματα LabVIEW ονομάζονται υπερβατικά όργανα (Virtual Instruments – VIs) επειδή η εμφάνιση και η λειτουργία τους χρησιμοποιεί ως πρότυπο πραγματικά όργανα και για αυτό το λόγο έχουν τη κατάληξη “.vi”. Επίσης, επειδή μια ολοκληρωμένη εφαρμογή είναι δυνατό να αποτελείται από πολλά αρχεία με κατάληξη “.vi” όπου το ένα καλεί το άλλο σαν υπό ρουτίνα, και για λόγους ευχρηστίας, όλα τα επιμέρους αρχεία μπορούν να “κλειστούν” μέσα σε μια βιβλιοθήκη-αρχείο με κατάληξη “.LLB”. Τα VIs έχουν τόσο μια διαλογική διασύνδεση χρήστη (front panel) όσο και ένα ισοδύναμο πηγαίο κώδικα (block diagram), και μπορούν να περνούν στοιχεία ανάμεσα σε αυτά.

Το πακέτο LabVIEW της National Instruments (<http://www.ni.com/labview/>) παρέχει τη δυνατότητα ανάπτυξης ενός φιλικού προς τον χρήστη προγράμματος διεπαφής (User Interface) χωρίς να απαιτείται ιδιαίτερη ενασχόληση με το σχεδιασμό των γραφικών. Αξιοποιώντας τους όρους χρήσης που παρέχονται από την εταιρεία (National Instrument) που διαχειρίζεται το λογισμικό LabVIEW δίνεται η δυνατότητα εμπλουτισμού της εμπειρία των ερευνητών πέρα από την καθιερωμένη διδακτική πράξη της αίθουσας ή του εργαστηρίου. Με αυτά τα χαρακτηριστικά, το LabVIEW προωθεί την έννοια του τμηματικού προγραμματισμού. Μία εφαρμογή ή μία πειραματική διαδικασία μπορεί να διαιρεθεί σε σειρές από απλές υπό εργασίες. Ακολουθώντας, αναπτύσσετε ένας πίνακας μεταβλητών (Var Type) που πραγματοποιεί την κάθε υπό εργασία και στη συνέχεια συνενώνετε αυτά τα VIs σε ένα υψηλού-επιπέδου μπλοκ διάγραμμα ώστε να ολοκληρωθεί η κύρια εργασία. Ο τμηματικός προγραμματισμός διαθέτει το βασικό πλεονέκτημα ότι κάθε μεταβλητή του (Var Type, VT) μπορεί να εκτελείτε αυτόνομα, κάνοντας εύκολη την διαδικασία για την ανεύρεση και διόρθωση λαθών (debugging) (Εικόνα 3.1) (<http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/370052N-01/tsuiref/infotopics/varenum/>).

Επιπλέον, πολλά χαμηλού επιπέδου υπό Vis συχνά πραγματοποιούν κοινές εργασίες σε διάφορα προγράμματα και έτσι μπορούμε να τα χρησιμοποιήσουμε αυτόνομα σε διαφορετικές εφαρμογές.

Constant	Value	Description
VT_EMPTY	0	Not specified
VT_NULL	1	SQL-style NULL
VT_I2	2	2-byte signed int
VT_I4	3	4-byte signed int
VT_R4	4	4-byte real
VT_R8	5	8-byte real
VT_CY	6	Currency
VT_DATE	7	Date
VT_BSTR	8	Automation string
VT_DISPATCH	9	IDispatch*
VT_ERROR	10	Scodes
VT_BOOL	11	Boolean (True = -1, False = 0)
VT_VARIANT	12	VARIANT*
VT_UNKNOWN	13	IUnknown*
VT_DECIMAL	14	16-byte fixed point
VT_Record	15	User-defined type
VT_I1	16	Char
VT_UI1	17	Unsigned char
VT_UI2	18	2-byte unsigned char
VT_UI4	19	4-byte unsigned char
VT_I8	20	8-byte signed int
VT_UI8	21	8-byte unsigned int
VT_INT	22	Signed machine int
VT_UINT	23	Unsigned machine int
VT_ARRAY	0x2000	SAFEARRAY*
VT_BYREF	0x4000	—

Εικόνα 3.1: Πίνακας τύπων μεταβλητών (Var Type)

Για να αξιοποιήσουμε επαρκώς τις δυνατότητες του LabVIEW θα πρέπει να γίνει μνεία για τον ειδικό χειρισμό σε τέσσερις θεμελιώδεις για το λογισμικό κατευθύνσεις:

- Οργάνωση του περιβάλλοντος προγραμματισμού του LabVIEW
- Ειδικές εντολές – λειτουργίες για το πείραμα στο LabVIEW
- Προγραμματισμός και οργάνωση δομών στο LabVIEW
- Αξιοποίηση ειδικών «εικονοργάνων» μετρήσεων (Express VI)

3.1 Πειραματική Διαδικασία – Μετρήσεις

Για το πείραμα αρχικά λάβαμε υπ' όψη μας το βασικό φαινόμενο (μεταβολή θερμοκρασίας σε σχέση με το χρόνο), την ποσότητα των μετρήσεων και θέσαμε τις απαραίτητες προϋποθέσεις για την καταγραφή του πειράματος από το αρχικό έως το τελικό στάδιο. Η σειρά εργασιών αφορά με βάση το σενάριο μας συγκεκριμένες τεχνικές προδιαγραφές. Η προετοιμασία αφορά:

- την πειραματική διάταξη (αναλογικά μέρη),
- την κάρτα φίλτρου για τη σύλληψη δεδομένων σε συνδυασμό με την ρύθμιση της κατάλληλης σειριακής επικοινωνίας,
- το κατάλληλο για το πείραμα καταγραφικό και τέλος,

- τον κατάλληλο κώδικα για το σενάριο μας.

3.2 Προετοιμασία Πειραματικής Διάταξης

Για την λήψη μετρήσεων αξιοποιήθηκε κομμάτι σιδήρου κατάλληλα διαμορφωμένου (Εικόνα 3.2). Με τρυπάνι διαμέτρου $\varphi = 0,7$ cm σχηματίστηκε οπή στην οποία θα τοποθετούσαμε την άκρη του αισθητήρα.



Εικόνα 3.2: Προετοιμασία υλικού

Με αυτό τον τρόπο παίρνουμε μετρήσεις από το σώμα του υλικού και όχι από τις εξωτερικές πλευρές. Το υλικό πλαισιώθηκε κατάλληλα ώστε να υπάρχει η δυνατότητα ασφαλούς μεταφοράς και τοποθετήθηκε σε πάνω πυρίμαχο υλικό για την αποφυγή ανεπιθύμητης μεταφοράς θερμότητας στο σημείο εναπόθεσης.



Εικόνα 3.3: Πύρωση υλικού

Το υλικό πυρώθηκε με δύο φλόγιστρα (Εικόνα 3.3) μέχρι τους 800 βαθμούς Κελσίου. Στην συνέχεια τοποθετήθηκε ο αισθητήρας (Εικόνα 3.4) και άρχισε άμεσα η καταγραφή δεδομένων (πτώση θερμοκρασίας από 800 βαθμούς C) σε σχέση με το χρόνο.



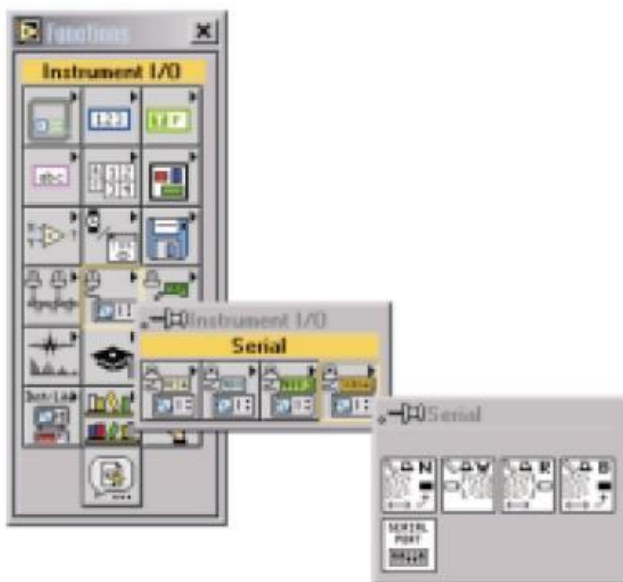
Εικόνα 3.4: Τοποθέτηση ακροδέκτη αισθητήρα

3.3 Αισθητήρας και Κάρτα φίλτρου για τη σύλληψη δεδομένων σε συνδυασμό με την ρύθμιση της κατάλληλης σειριακής επικοινωνίας.

Σύμφωνα με τους διεθνείς οργανισμούς «Instrumentation, Systems and Automation Society (I.S.A.)» (<https://www.isa.org/>) και «International Electrotechnical Commission (I.E.C.)» (<https://global.ihs.com/standards.cfm?publisher=IEC>), αισθητήρας (sensor) ορίζεται το βασικό στοιχείο σε μια μετρητική αλυσίδα, που μετατρέπει την μεταβλητή εισόδου σε μετρήσιμο σήμα. Ως ερέθισμα (stimulus) εννοούμε μια ποσότητα, ιδιότητα ή κατάσταση η οποία γίνεται αισθητή και μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα (Liptak, 2003; Liu & Liptak 1999). Στόχος του αισθητήρα, γενικά, είναι να μετατρέπει μια μη ηλεκτρική ποσότητα σε ηλεκτρική, δηλαδή σε ένα σήμα το οποίο είναι δυνατόν να διοχετευτεί, να ενισχυθεί και να τροποποιηθεί από κάποιο ηλεκτρονικό κύκλωμα. Για παράδειγμα, τα θερμοηλεκτρικά ζεύγη, οι ανιχνευτές θερμοκρασίας αντίστασης (R.T.Ds) και τα θερμίστορ (P.T.C. & N.T.C.) μετατρέπουν την θερμοκρασία σε ένα αναλογικό σήμα, το οποίο ένας αναλογικός σε ψηφιακό μετατροπέας μπορεί να μετρήσει. Τα ηλεκτρονικά σήματα που παράγονται είναι ανάλογα προς τις φυσικές παραμέτρους που μετρούν. Το πρότυπο για σειριακή μετάδοση δυαδικών σημάτων δεδομένων είναι το RS-232 (Recommended Standard 232). Αυτό στέλνει ένα (ένα bit τη φορά) μεταξύ ενός DTE (Data Terminal Equipment) και ενός DCE (Data Circuit Terminating Equipment). Συχνότερα χρησιμοποιείται στις σειριακές θύρες των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Τα χαρακτηριστικά του RS-232, όπως η τάση λειτουργίας, ο αριθμός των pins κ.τ.λ., έχουν καθοριστεί από το Electronics Industry Association (E.I.A.) (<http://www.ecianow.org/>) και Electronic Industries Alliance (E.I.A.) (<https://www.ihs.com/products/eia-standards.html>) είναι ίδια για όλες τις εφαρμογές. Βέβαια, υπάρχουν και κάποια χαρακτηριστικά, όπως η μορφή κρυπτογράφησης των χαρακτήρων, ο ρυθμός μετάδοσης των δεδομένων κ.α., τα οποία καθορίζονται από τον εκάστοτε χρήστη.

Το LabVIEW συνδυάζει λογισμικό και υλικό για την απόκτηση δεδομένων (data acquisition) και τον έλεγχο εφαρμογών (system control) μέσω καρτών/μονάδων (device) που παρέχει η National Instruments υποστηρίζοντας πλήθος πρωτοκόλλων όπως RS-232/ 422/ 485, IEEE488 (GPIB), VISA κ.α.. Με το RS-232, τα δεδομένα μεταδίδονται σειριακά, σε μορφή bits. Το πρωτόκολλο υποστηρίζει τόσο τη σύγχρονη επικοινωνία όσο και την ασύγχρονη. Αυτό συμβαίνει επειδή τα κυκλώματα που χρησιμοποιούνται για την αποστολή και τη λήψη δεδομένων, είναι διαφορετικά.

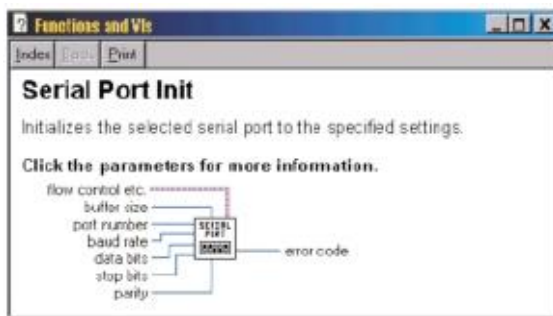
Έτσι μπορεί να γίνει και ταυτόχρονη ανταλλαγή δεδομένων (full duplex). Τα επίπεδα τάσης που διαχειρίζεται το πρωτόκολλο, τα διαχωρίζει σε λογικό ένα και λογικό μηδέν. Έγκυρα σήματα, θεωρεί σήματα αρνητικά ή θετικά από 3 έως 15 V, όμως συχνότερα χρησιμοποιούνται τα +12 V και -12V. Τα σήματα που είναι πολύ κοντά στο μηδέν, τα λαμβάνει ως λανθασμένα. Σαν λογικό ένα, αντιλαμβάνεται τις αρνητικές τάσεις, ενώ σαν λογικό μηδέν αντιλαμβάνεται τις θετικές. Το LabVIEW σαν ένα εργαλείο γενικού προγραμματισμού περιλαμβάνει πολλές βιβλιοθήκες συναρτήσεων και εργαλεία ειδικά τόσο για ανάκτηση δεδομένων όσο και για έλεγχο οργάνων. Έχει την δυνατότητα να συνδεθεί και με κάρτες εξωτερικού ελέγχου και έχει τη δυνατότητα χειρισμού των σειριακών θυρών του υπολογιστή. Αυτό είναι δυνατόν με τη χρήση πέντε (5) έτοιμων λειτουργιών που βρίσκονται στον πίνακα των function (υποπίνακας instrument I/O, επιλογή: serial) (Γιαννακόπουλος et al, 2003) (Εικόνα 3.5).



Εικόνα 3.5: Χειρισμός Σειριακών θυρών

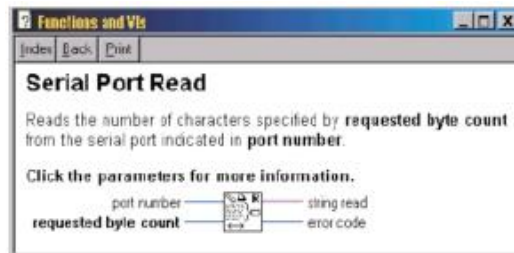
Αναλυτικότερα ως προς τον χειρισμό των θυρών διακρίνουμε:

- ❖ **Serial Port Init** (Εικόνα 3.6): χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να διαβάσουμε ή να γράψουμε δεδομένα από και προς τη σειριακή θύρα.



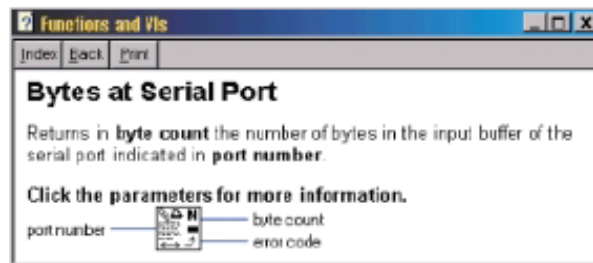
Εικόνα 3.6: Serial Port Init

- ❖ **Serial Port Read (Εικόνα 3.7):** χρησιμοποιείται για να διαβάσουμε δεδομένα από τη σειριακή θύρα του υπολογιστή.



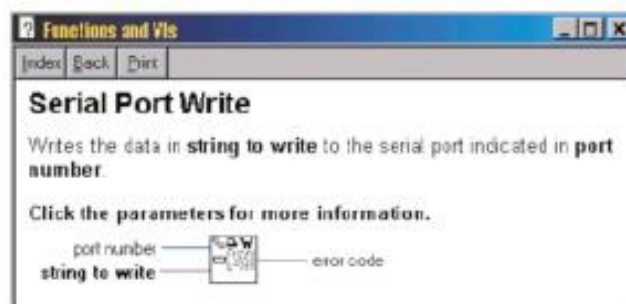
Εικόνα 3.7: Serial Port Read

- ❖ **Bytes at Serial Port (Εικόνα 3.8):** παρέχει πληροφορίες για το πλήθος των χαρακτήρων που έχουν συσσωρευτεί στη δεδομένη σειριακή θύρα.



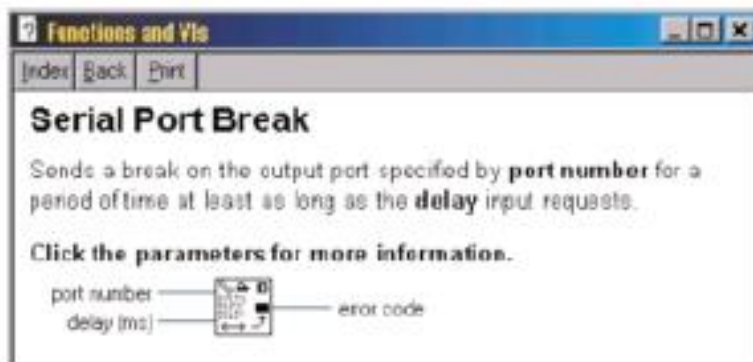
Εικόνα 3.8: Bytes at Serial Port

- ❖ **Serial Port Write (Εικόνα 3.9):** χρησιμοποιείται για να γράψουμε δεδομένα στη σειριακή θύρα, δηλαδή όταν θέλουμε να μεταδώσουμε χαρακτήρες προς το σύστημα με το οποίο έχουμε συνδεθεί μέσω σειριακής θύρας.



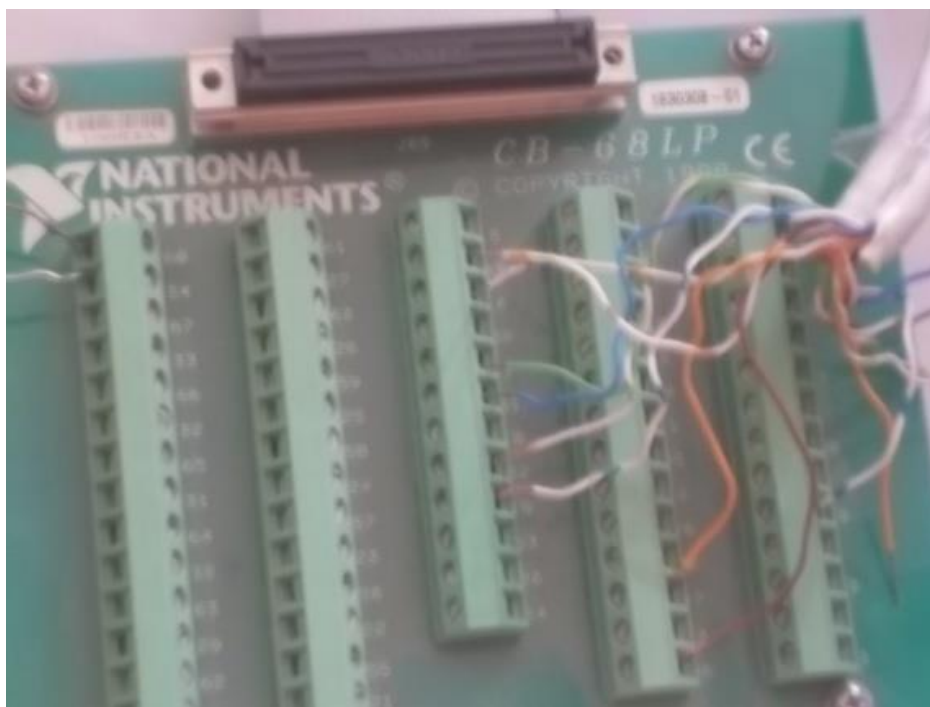
Εικόνα 3.9: Serial Port Write

- ❖ **Serial Port Break (Εικόνα 3.10):** διακόπτει την επικοινωνία για τόσο χρόνο όσο απαιτηθεί.



Εικόνα 3.10: Serial Port Break

Για το πείραμα επιλέχθηκε η καταλληλότερη για θερμοκρασιακές μεταβολές κάρτα μεταφοράς δεδομένων (Εικόνα 3.11) σε συνδυασμό με το κατάλληλο καλώδιο που συνδέεται με την θύρα του υπολογιστή (Εικόνα 3.12) πετυχαίνοντας την άμεση μεταφορά δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.



Εικόνα 3.11: Κάρτα Φίλτρου της National Instruments



Εικόνα 3.12: Σύνδεση με Θύρα του Υπολογιστή.

Τελικά, μέσω της κάρτας P.C.I. της NI παίρνουμε σε πραγματικό χρόνο όλες τις θερμοκρασιακές μεταβολές και με αυτό τον τρόπο οργανώνεται σε πραγματικό χρόνο η εκτέλεση της πειραματικής διάταξης. Η National Instruments PCI-6024E (κάρτα) (Εικόνα 3.13) συνδέεται με την είσοδο του σήματος (Εικόνας 3.12) {200 kS/s, 12-Bit, 16-Analog-Input Multifunction DAQ}.



Copyright © 1999-2009 Artisan Scientific

Εικόνα 3.13. Κάρτα PCI-6024E

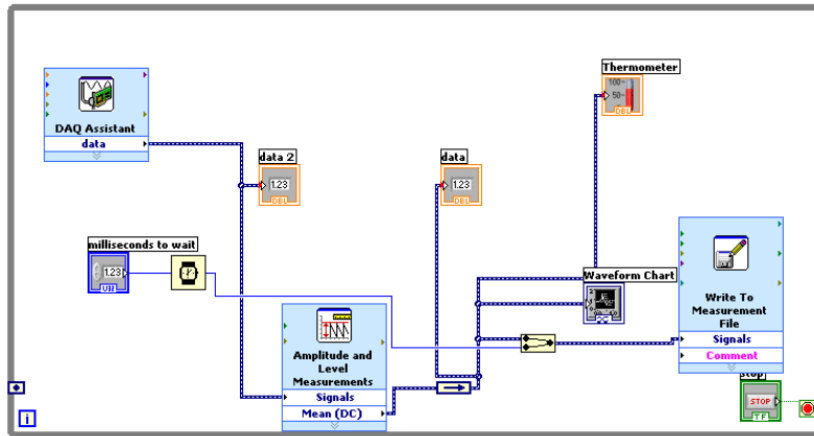
3.4 Καταγραφικό και Κώδικας της Πειραματικής Διάταξης

Στο LabVIEW η διεπαφή χρήσης κατασκευάζεται με τη χρήση ενός συνόλου εργαλείων και αντικειμένων (objects). Η επεξεργασία των εντολών – λειτουργιών στο Lab-VIEW δεν ακολουθεί τη μορφή γραφής εντολών σειρά ανά σειρά, αλλά επεξεργάζεται δεδομένα σε μορφή ροής δεδομένων (Dataflow). Η ανάγνωση του κώδικα δεν πραγματοποιείται ούτε από τα δεξιά προς τα αριστερά και ούτε από πάνω προς τα κάτω, αλλά υπάρχει ταυτόχρονη εισαγωγή των δεδομένων σε όλες τις

γραφικές εντολές - λειτουργίες. Ο συνδυασμός λογισμικού και υλικού με ταυτόχρονη εφαρμογή περιγράφεται με τον όρο εικονική ενοργάνωση (Virtual Instruments - V.I.). Στο περιβάλλον αυτό μπορεί ο χρήστης να παρακολουθεί τη διαδικασία εκτέλεσης του πειράματος σε πραγματικό χρόνο, να καταγράφει τα δεδομένα καθώς και να ελέγχει τις συνθήκες εισόδου του μετρικού συστήματος. Η οργάνωση της εισόδου και της εξόδου δεδομένων πριν τις διαδικασίες του πειράματος είναι καθοριστικής σημασίας για την εξέλιξη του πειράματος. Είναι σημαντικό ο διαχειριστής του συστήματος να γνωρίζει και να επεξεργαστεί, τον έλεγχο εισόδων εξόδων και το διάγραμμα ροής υλοποίησης του λογισμικού.

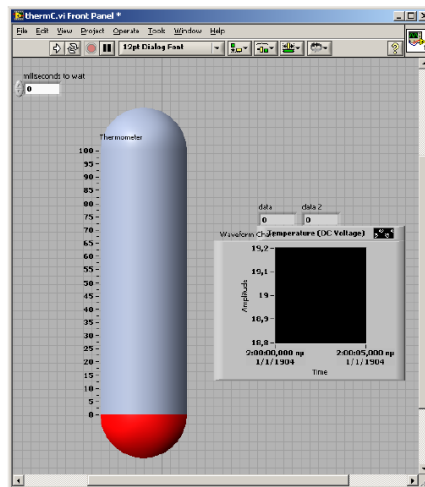
Σε κάθε μιμικό παράθυρο – εικονόργανο συναντάμε:

- ❖ Το τμήμα του κώδικα που αποκαλείται Block diagram (Εικόνα 3.14)



Εικόνα 3.14: Block Diagram

- ❖ Το μιμικό παράθυρο που καλείται Front panel (Εμπρόσθια όψη) (Εικόνα 3.14)

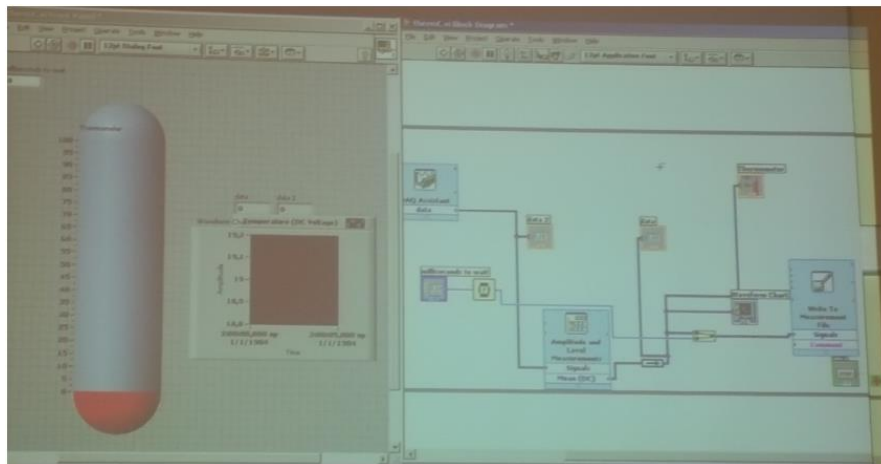


Εικόνα 3.15: Front Panel

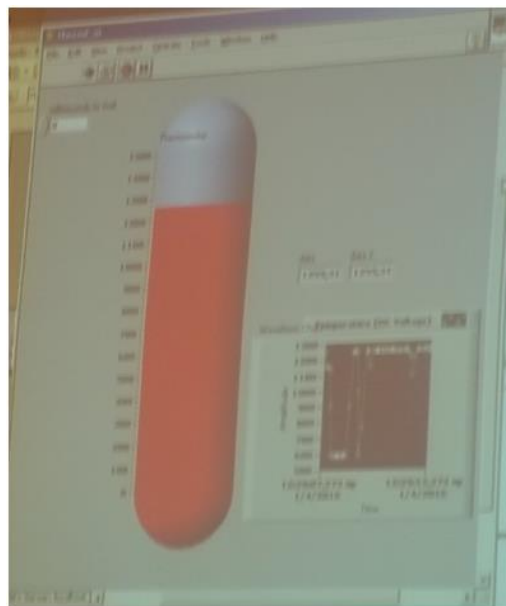
- ❖ Το τμήμα του Κοινοκτόρα και το τμήμα της Εικόνας (Icon / Connector)

Το Block Diagram (Εικόνα 3.14) περιέχει ακριβώς τον κώδικα για το συγκεκριμένο Front Panel (Εικόνα 3.15) που αξιοποιήσαμε στο πείραμα μας. Γενικά, το Block Diagram θα μπορούσε να θεωρηθεί ως ένα είδος διαγράμματος ροής (Σεργουινιώτης, 2005). Συγκεντρωτικά το διάγραμμα

ροής και η εμπρόσθια όψη πριν και μετά την θερμοκρασιακή μεταβολή στο υλικό αποτυπώνεται στις Εικόνες 3.16 και 3.17.



Εικόνα 3.16. Αποτύπωση Επιλογών (Front Panel & Block Diagram)



Εικόνα 3.17: Αποτύπωση επιλογής χρήστη μετά την θερμοκρασιακή μεταβολή.

4. Η ανάγκη για προέκταση της ανάλυσης των μετρήσεων

Έχοντας ρυθμίσει κατάλληλα με δικές μας επιλογές το καταγραφικό του LabVIEW παίρνουμε τιμές θερμοκρασίας συσχετισμένους με το χρόνο. Η αξιοποίηση και η συσχέτιση των τιμών αφορά στατιστικές εργασίες μέσω του επόμενου λογισμικού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΑΡΘΟΓΡΑΦΙΑ

1. Γιαννακόπουλος Κ., Ζυγούρης Ε., Τσελές Δ., (ανατύπωση 2003) *Συλλογή, Μεταφορά και Έλεγχος Δεδομένων (Εργαστήριο)*. Αθήνα. Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων. Σελ. 104 – 108.
2. Καλοβρέκτης Κ. (2007). *LabVIEW για Μηχανικούς Προγραμματισμός Συστημάτων DAQ*, Αθήνα: Εκδόσεις Τζιόλα.
3. Καλοβρέκτης Κ., Γκοσίνας Α. (2008). *LabVIEW στην Τεχνική Εκπαίδευση*, Αθήνα: Εκδόσεις Conceptum.
4. Καλοβρέκτης Κ., Πετρολέκας Μ., Γκοσίνας Α. (2009). *LabVIEW: Εκπαιδευτικό εγχειρίδιο: Βιβλίο καθηγητή*, Ειδική Υπηρεσία Εφαρμογής Προγραμμάτων ΚΠΣ ΥΠΕΠΘ (ΕΥΕΠ ΥΠΕΠΘ), <http://repository.edulll.gr/edulll/retrieve/4759/1354.pdf>
5. Κωμάιτης Ε. (2011). *Ανάπτυξη και εφαρμογή βιοφωταυγών κυτταρικών βιοαισθητήρων για εκτίμηση τοξικότητας με την τεχνική εισαγωγής δείγματος σε ροή*. Αθήνα: Διδακτορική διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Γενικό τμήμα, Εργαστήριο Χημείας.
6. Μαλτέζος Ι., Κοτσιφάκος Δ., Δουληγέρης Χρ. (2013) *Απομακρυσμένη διαδικτυακή πλατφόρμα στην διδασκαλία των Επαγγελματικών Λυκείων: διδακτικά αποτελέσματα και συμπεράσματα*. 5th Conference on Informatics in Education – Η Πληροφορική στην εκπαίδευση. Ανάκτηση (7/7/2016) από http://195.130.124.90/cie/images/documents13/CIE2013_proceedings/data/cie2013_360.pdf
7. Πανέτσος Σ., Κασίρης Γ., Τσαρτσόλης Χ., Γκλεζάκος Ν., (2008). *Ε2-ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ, Επιμόρφωση σε νέα Λογισμικά Επεξεργασίας, Σχεδίασης, Προσομοίωσης και Προγραμματισμού*, <http://repository.edulll.gr/edulll/retrieve/4759/1354.pdf>.
8. Σεργουνιώτης Αθ. (2005). *Έλεγχος οργάνων με χρήση του πακέτου LabView και ανάπτυξη εικονικού εργαστηρίου*, Θεσσαλονίκη: Διπλωματική εργασία. Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών.
9. Σταμπολίδης Ν., Σαλωνίδου Αθ. & Ζώης Ε. (2008). *Διδακτική προσέγγιση και παρουσίαση του λογισμικού ανάπτυξης εφαρμογών LabVIEW*, 1ο Πανελλήνιο Εκπαιδευτικό Συνέδριο Ημαθίας.
10. Στρατάκος Ι. (2007). *Υπολογιστική και Πειραματική Μελέτη της Κλασματικής Συμπεριφοράς Επιφανειών Βράχο*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών.
11. Liptak, B. G., & Lipták, B. G. (2003). *Process measurement and analysis* (Vol. 20). CRC Press. Available at <http://tinyurl.com/jv8smn8> (2/7/2016).
12. Liu, D. H., & Liptak, B. G. (1999). *Environmental Engineers' Handbook on CD-ROM*. CRC press.

4. Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων Πειράματος Ανόπτωσης

4.1 Εισαγωγή

Μετά την συλλογή των δεδομένων από την πειραματική μελέτη της θερμικής κατεργασίας της ανόπτωσης θα πραγματοποιήσουμε στατιστική ανάλυση των δύο ποσοτικών συνεχών μεταβλητών «Χρόνος» και «Θερμοκρασία» ούτως ώστε να μπορέσουμε να έχουμε μια πιο διευρυμένη εικόνα αναφορικά με την συμπεριφορά των δύο μεταβλητών και την μεταξύ τους συσχέτιση. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με την εισαγωγή των δεδομένων στο πακέτο στατιστικών αναλύσεων IBM Statistics SPSS version 22.

Αρχικά αναλύουμε τα δεδομένα αναφορικά με την κάθε μεταβλητή ξεχωριστά πραγματοποιώντας μία περιγραφική ανάλυση των μεταβλητών όπως καταγράφηκαν στο πείραμα μέσω του λογισμικού LabVIEW (Πίνακας 4.1). Στην συνέχεια ερευνούμε την συσχέτιση που υπάρχει ανάμεσα στις μεταβλητές με την βοήθεια στατιστικών τεχνικών και συντελεστών συσχέτισης. Επίσης, θα διεξάγουμε γραμμική παλινδρόμηση για να διερευνήσουμε την επίδραση της μεταβλητής «Χρόνος» στην μεταβλητή «Θερμοκρασία» και τέλος με την μέθοδο των χρονολογικών σειρών και των υποδειγμάτων ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) θα προσπαθήσουμε να αναπτύξουμε ένα μοντέλο πρόβλεψης.

4.2 Περιγραφική Ανάλυση Δεδομένων

Η συλλογή των δεδομένων του πειράματος επαναμορφοποιήθηκε αρχικά σε ένα αρχείο excel το οποίο έχει τη μορφή του Πίνακα 4.1:

Πίνακας 4.1: Απεικόνιση των μεταβλητών στο Excel.

Time	Temperature
2.336.498.000.000	800,838
2.336.598.000.000	800,787
2.336.699.000.000	800,745
2.336.800.000.000	800,313
2.336.900.000.000	800,16
2.337.003.000.000	799,987
2.337.103.000.000	799,891
2.337.204.000.000	799,456
2.337.304.000.000	799,436
2.337.410.000.000	799,387
2.337.507.000.000	799,001
2.337.607.000.000	798,93

Παρατηρούμε ότι ανά 100 millisecond το εργαστηριακό εργαλείο LabVIEW μας δίνει και μία τιμή της θερμοκρασίας του μετάλλου η οποία μετριέται σε βαθμούς Κελσίου. Στην συνέχεια πραγματοποιήσαμε εισαγωγή του παραπάνω αρχείου στο στατιστικό πακέτο αναλύσεων IBM Statistics SPSS version 22 και προχωρήσαμε στην διεξαγωγή της στατιστικής ανάλυσης. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να επισημάνουμε ότι το σύνολο των μετρήσεων ανέρχεται στις 10.298.

4.2.1 Περιγραφική Ανάλυση της Μεταβλητής «Χρόνος»

Με την χρήση του στατιστικού πακέτου μπορούμε να εξάγουμε τον παρακάτω πίνακα περιγραφικής ανάλυσης (Πίνακας 4.2) για τις τιμές της μεταβλητής «Χρόνος».

Πίνακας 4.2: Πίνακας Περιγραφικών Μέτρων της μεταβλητής «Χρόνος»

		Statistics
Time		
N	Valid	10298
	Missing	0
Mean		3010926585744,80
Median		2979093000000,00
Mode		2336498000000 ^a
Std. Deviation		386152012863,348
Variance		14911337703841488000000,000
Skewness		,260
Std. Error of Skewness		,024
Kurtosis		-,686
Std. Error of Kurtosis		,048
Range		1673699000000
Percentiles	25	2695845500000,00
	50	2979093000000,00
	75	3327019000000,00

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Στον Πίνακα 4.2 παρουσιάζεται η μέση τιμή των μετρήσεων της μεταβλητής «Χρόνος», η επικρατούσα τιμή, η τυπική απόκλιση, η διακύμανση, οι συντελεστές ασυμμετρίας και κύρτωσης καθώς επίσης και το εύρος των τιμών και τα ποσοστημόρια. Όπως αναφέραμε και παραπάνω, το μέγεθος του δείγματος των μετρήσεων του πειράματος είναι 10.298 και δεν έχουμε καμιά ελλιπή τιμή. Μπορούμε να παρατηρήσουμε από τον πίνακα ότι η μέση τιμή των μετρήσεων αυτών είναι μεγαλύτερη από την διάμεσο. Ένα ακόμα χρήσιμο συμπέρασμα που μπορούμε να εξαγάγουμε από τον παραπάνω πίνακα είναι ότι οι μετρήσεις της μεταβλητής μας δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή. Αυτό συμβαίνει διότι ο δείκτης ασυμμετρίας είναι μεγαλύτερος του μηδενός και ο συντελεστής κύρτωσης είναι μικρότερος του τρία (3).

4.2.2 Περιγραφική Ανάλυση της Μεταβλητής «Θερμοκρασία»

Με την χρήση του στατικού πακέτου μπορούμε να εξάγουμε τον παρακάτω πίνακα περιγραφικής ανάλυσης για τις τιμές της μεταβλητής «Θερμοκρασία» (Πίνακας 4.3). Στον Πίνακα 4.3 παρουσιάζεται η μέση τιμή των μετρήσεων της μεταβλητής «Θερμοκρασία», η επικρατούσα τιμή, η τυπική απόκλιση, η διακύμανση, οι συντελεστές ασυμμετρίας και κύρτωσης καθώς επίσης και το εύρος των τιμών και τα ποσοστημόρια. Όπως αναφέραμε και παραπάνω το μέγεθος του δείγματος των μετρήσεων του πειράματος είναι 10.298 και δεν έχουμε καμιά ελλιπή τιμή. Μπορούμε να παρατηρήσουμε από τον πίνακα ότι η μέση τιμή των μετρήσεων αυτών είναι μεγαλύτερη από την διάμεσο. Ένα ακόμα χρήσιμο συμπέρασμα που μπορούμε να εξαγάγουμε από τον παραπάνω

πίνακα είναι ότι οι μετρήσεις της μεταβλητής μας δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή. Αυτό συμβαίνει διότι ο δείκτης ασυμμετρίας είναι μεγαλύτερος του μηδενός και ο συντελεστής κύρτωσης είναι μικρότερος του 3.

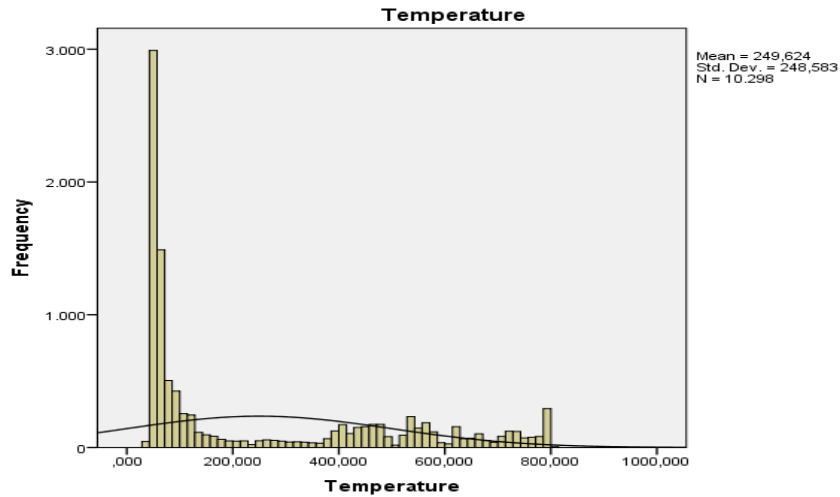
Το ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών της μεταβλητής «Θερμοκρασία» δίνεται στην Εικόνα 4.1.. Το «Ιστόγραμμα» ως τεχνική ανάλυσης εισήλθε στην Στατιστική για πρώτη φορά από τον Karl Pearson το 1891 (Pearson, 1891 & Pearson 1892). Αναφέρεται ότι συνδύασε τις λέξεις «Ιστορικό Διάγραμμα» για να παράγει τη λέξη «ιστόγραμμα». Η φράση αυτή είναι κάτι που αντιπροσωπεύει ένα ιστόγραμμα αφού απεικονίζει δεδομένα παρελθόντα χρόνου. Το Ιστόγραμμα χρησιμοποιείται για τον έλεγχο του τύπου μιας αριθμητικής κατανομής: αν είναι πολυ-κόρυφη ή μονοκόρυφη ή σχετικά με τη διασπορά της: τι κύρτωση ή τι λοξότητα έχει (Oakland, 2007). Με αυτόν τον τρόπο, παρέχεται άμεση πληροφορία σχετικά με το τύπο και τη διασπορά της κατανομής. Από το ιστόγραμμα συχνοτήτων μπορούμε να εξάγουμε ένα πολύ χρήσιμο συμπέρασμα αναφορικά με την συμμετρία των μετρήσεων (Mendenhall et al, 2012; Johnson et al 2000).

Πίνακας 4.3: Πίνακας Περιγραφικών Μέτρων της μεταβλητής «Θερμοκρασία»

		Statistics	
		Temperature	Time
N	Valid	10298	10298
	Missing	0	0
Mean		249,62399	3010926585744,80
Median		91,13700	2979093000000,00
Mode		52,742 ^a	2336498000000 ^a
Std. Deviation		248,583287	386152012863,348
Variance		61793,651	14911337703841488000000,000
Skewness		,888	,260
Std. Error of Skewness		,024	,024
Kurtosis		-,746	-,686
Std. Error of Kurtosis		,048	,048
Range		764,172	1673699000000
Percentiles	25	54,57800	2695845500000,00
	50	91,13700	2979093000000,00
	75	460,55425	3327019000000,00

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

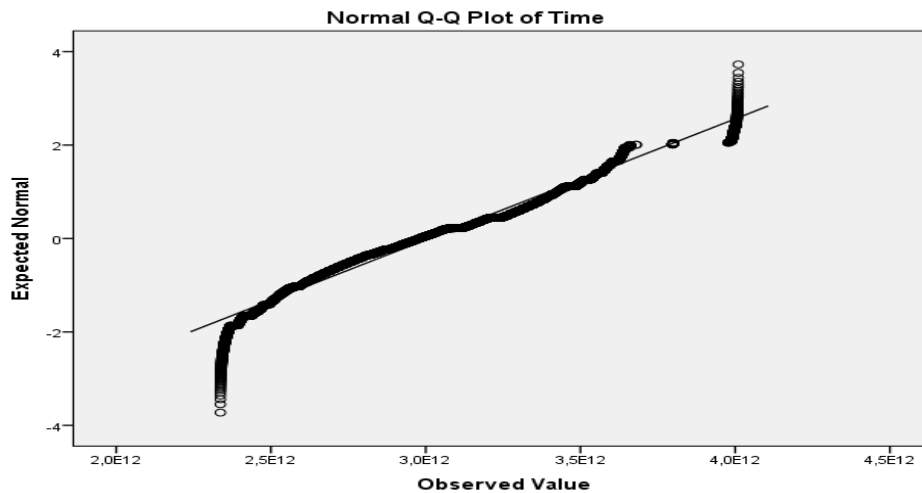
Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε από το γράφημα της Εικόνας 4.1 δεν υπάρχει συμμετρία των μετρήσεων γύρω από τον μέσο και οι παρατηρήσεις είναι συγκεντρωμένες προς τα αριστερά με συνέπεια να έχουμε δεξιά ασυμμετρία. Επίσης μπορούμε να δούμε ότι υπάρχουν και ακραίες τιμές.



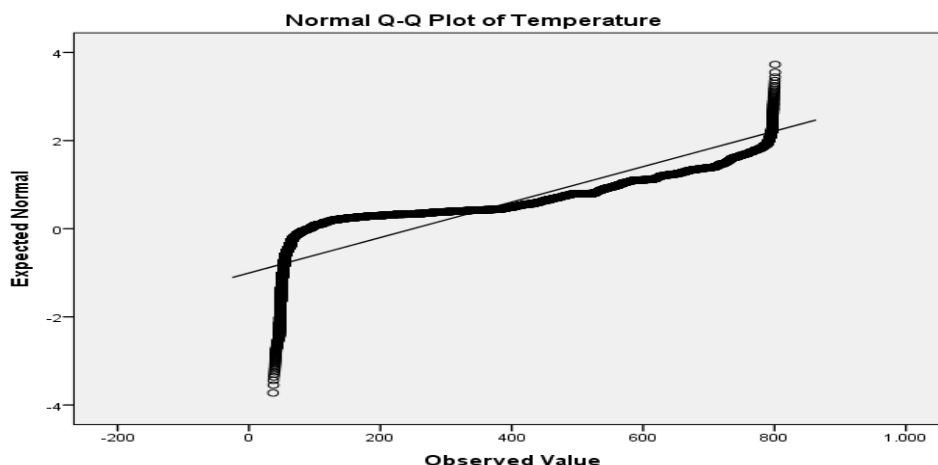
Εικόνα 4.1: Ιστόγραμμα συχνοτήτων της μεταβλητής «Θερμοκρασία».

4.3 Έλεγχος Κανονικότητας Μεταβλητών

Ένα από τα πιο σημαντικά προβλήματα στην στατιστική ανάλυση είναι η διερεύνηση της πληροφορίας η οποία σχετίζεται με την μορφή της κατανομής από την οποία προέρχεται ένα τυχαίο δείγμα. Για τον έλεγχο αν τα δεδομένα μας ακολουθούν την κανονική κατανομή αρχικά κατασκευάσαμε δύο γραφήματα Q-Q Plot (Quantile – Quantile Plot) (Εικόνα 4.2 και Εικόνα 4.3). Με τα γραφήματα αυτά ελέγχουμε οπτικά την ύπαρξη κανονικότητας στα δεδομένα. Όσο πιο κοντά στην ευθεία είναι τα σημεία του σχήματος τόσο πιο πολλές είναι οι ενδείξεις ότι τα δεδομένα μας ακολουθούν την κανονική κατανομή. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να επιστημόνουμε ότι τα γραφήματα αυτά δεν οδηγούν με σχετική «ασφάλεια» σε κάποια απόφαση.



Εικόνα 4.2: Διάγραμμα Q-Q Plot της μεταβλητής «Χρόνος».



Εικόνα 4.3: Διάγραμμα Q-Q Plot της μεταβλητής «Θερμοκρασία».

Παρατηρώντας τα παραπάνω γραφήματα μπορούμε εύκολα να παρατηρήσουμε ότι τα δεδομένα δεν είναι συμμετρικά ως προς την γραμμή προσαρμογής των παρατηρούμενων με των αναμενόμενων τιμών. Επομένως μπορούμε να εξαγάγουμε εύκολα το συμπέρασμα ότι τα δεδομένα και των δύο μεταβλητών δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή. Όπως όμως αναφέραμε και παραπάνω τα διαγράμματα αυτά δεν οδηγούν σε ασφαλή συμπεράσματα. Για τον λόγο αυτό θα προχωρήσουμε και σε έναν επιπλέον έλεγχο με την χρήση του ελέγχου **Kolmogorov – Smirnov**. Το τεστ αυτό υπάγεται στην ευρύτερη οικογένεια των «ελέγχων υποθέσεων» (Lampariello, 2000; Kordzakhia et.al, 2016) Οι υποθέσεις που θα εξετάσουμε (Πίνακας 4.4) είναι της ακόλουθης μορφής:

Πίνακας 4.4: Υποθέσεις κατανομής

H_0: Η κατανομή των δεδομένων δε διαφέρει από την κανονική κατανομή
H_1: Η κατανομή των δεδομένων διαφέρει από την κανονική κατανομή

Για την διεξαγωγή των ελέγχων υποθέσεων χρησιμοποιούνται κάποιοι μαθηματικοί τύποι, που ονομάζονται ελεγχουσυναρτήσεις. Με βάση το αποτέλεσμα τους οδηγούμαστε στο συμπέρασμα αν η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται ή όχι. Η μηδενική υπόθεση στην συγκεκριμένη περίπτωση την οποία θέλουμε να ελέγξουμε είναι ότι τα δεδομένα ακολουθούν την κανονική κατανομή ή ότι προέρχονται από ένα πληθυσμό που ακολουθεί την κανονική κατανομή. Η εναλλακτική είναι ότι τα δεδομένα δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή. Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ορίζεται συνήθως ίσο με 0,05 ή 5%. Το παρατηρηθέν επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ορίζεται μέχρι η πιθανή τιμή του ελέγχου (ελεγχουσυναρτήρησης) να πάρει μία τιμή τόσο ακραία ή περισσότερο ακραία από αυτή που πήρε στο συγκεκριμένο δείγμα κάτω από την μηδενική υπόθεση (Hair et al, 1995). Επομένως με βάση τα παραπάνω έχουμε τα εξής αναφορικά με τα p -value:

- Αν η p -value είναι μικρότερη του 0,05, τότε λέμε ότι η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται.
- Αν η p -value είναι μεγαλύτερη του 0,05, τότε λέμε ότι η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται.

Εκτελώντας το τεστ **Kolmogorov – Smirnov** και για τις τιμές των δύο μεταβλητών του πειράματος που διενεργήσαμε, εξαγάγουμε με την βοήθεια του SPSS τον Πίνακα 4.5 (τεστ κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov):

Πίνακας 4.5: Πίνακας αποτελεσμάτων τεστ κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov.

Tests of Normality			
	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Statistic	df	Sig.
Time	,058	10298	,000
Temperature	,266	10298	,000

a. Lilliefors Significance Correction

Σύμφωνα με το παραπάνω τεστ η υπόθεση την οποία θέλουμε να ελέγξουμε είναι ότι οι μεταβλητές μας ακολουθούν την κανονική κατανομή. Από ότι φαίνεται δεν έχουμε εκλιπούσες τιμές. Για τον έλεγχο της κανονικότητας μας ενδιαφέρουν οι τιμές της στήλης Sig (Αγγελίδης, χ.χ.). Το τεστ **Kolmogorov – Smirnov** είναι απλά μία τιμή **p-value** που υπολογίζεται με μία ελεγχοσυνάρτηση. Παρατηρούμε ότι η τιμή των **p-value** είναι 0 και όπως αναφέραμε παραπάνω, αν η **p-value** είναι μικρότερη από το 0,05 τότε απορρίπτουμε την υπόθεση της κανονικότητας των δεδομένων μας. Άρα η υπόθεση ότι οι μετρήσεις του πειράματος που διεξαγάγαμε ακολουθούν την κανονική κατανομή, απορρίπτεται σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας $\alpha = 0,05$ ή $\alpha = 5\%$.

4.4 Έλεγχος Συσχέτισης Μεταβλητών

Στο σημείο αυτό της στατιστικής μας ανάλυσης για τις μεταβλητές του πειράματός μας θα εξετάσουμε την γραμμικής φύσεως σχέση που μπορεί να συνδέει τις δύο μεταβλητές. Η συσχέτιση των μεταβλητών θα ελεγχθεί τόσο διαγραμματικά όσο και με την χρήση συντελεστή γραμμικής συσχέτισης. Οι τιμές που μπορεί να πάρει ένας συντελεστής συσχέτισης είναι από -1 έως +1. Αρνητικές τιμές του συντελεστή γραμμικής συσχέτισης δύο μεταβλητών σημαίνει ότι έχουμε την ύπαρξη αρνητικής γραμμικής συσχέτισης. Δηλαδή, οι μεγαλύτερες τιμές της μίας μεταβλητής τείνουν να αντιστοιχούν στις μικρότερες τιμές της άλλης μεταβλητής. Στον αντίποδα έχουμε ότι θετικές τιμές του συντελεστή γραμμικής συσχέτισης είναι ένδειξη θετικής γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δύο μεταβλητών. Δηλαδή, οι μεγαλύτερες τιμές της μιας μεταβλητής τείνουν να αντιστοιχούν στις μεγαλύτερες τιμές της άλλης μεταβλητής. Τιμές κοντά στο μηδέν αποτελούν ένδειξη ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική γραμμική συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών. Τέλος, όσο πιο μεγάλες είναι οι τιμές του συντελεστή, ή όσο πιο κοντά βρίσκονται στην μονάδα (σε απόλυτη τιμή πάντα), τόσο πιο ισχυρή είναι η γραμμική συσχέτιση μεταξύ τους. Στην συγκεκριμένη ανάλυση ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης που θα χρησιμοποιήσουμε είναι ο συντελεστής συσχέτισης του **Pearson**. Η μηδενική και η εναλλακτική υπόθεση που θα ελέγξουμε σε αυτό το σημείο (Πίνακας 4.6) της στατιστικής ανάλυσης με την βοήθεια του συντελεστή γραμμικής συσχέτισης του Pearson φαίνονται στον Πίνακα 4.6:

Πίνακας 4.6: Υποθέσεις συσχέτισης

$H_0: \rho = 0$ ή δεν υπάρχει γραμμική συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών
$H_1: \rho \neq 0$ ή υπάρχει γραμμική συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών

Ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης του Pearson χρειάζεται την υπόθεση της κανονικότητας των δεδομένων των μεταβλητών πράγμα όμως που δεν ισχύει στην δική μας περίπτωση, διότι το μέγεθος των μετρήσεων είναι αρκετά μεγάλο. Επομένως με την βοήθεια του SPSS εξάγουμε τον Πίνακα 4.7:

Πίνακας 4.7: Πίνακας αποτελεσμάτων γραμμικής συσχέτισης του Pearson.

		Correlations	
		Time	Temperature
Time	Pearson Correlation	1	-,866**
	Sig. (2-tailed)		,000
	N	10298	10298
Temperature	Pearson Correlation	-,866**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	
	N	10298	10298

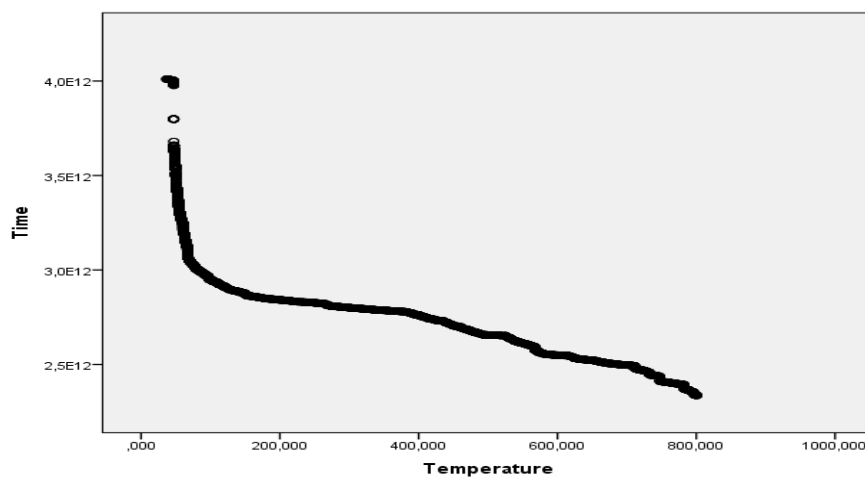
** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Από τον Πίνακα 4.7 μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η τιμή του συντελεστή γραμμικής συσχέτισης του Pearson είναι ίση με $-0,866$, η οποία είναι αρνητική και ιδιαίτερη υψηλή. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο μεταβλητές έχουν ισχυρή γραμμική συσχέτιση και συγκεκριμένη αρνητική. Με άλλα λόγια, όταν οι τιμές της μεταβλητής Θερμοκρασία αυξάνονται τότε οι τιμές της μεταβλητής Χρόνος μειώνονται και το αντίστροφο. Επιπλέον, η συσχέτιση αυτή (Πίνακας 4.8) είναι στατιστικά σημαντική εφόσον σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$ ή 5% απορρίπτουμε την μηδενική υπόθεση.

Πίνακας 4.8: Υποθέσεις συσχέτισης

$H_0: \rho = 0$ ή δεν υπάρχει γραμμική συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών (Sig=0<0,05).

Όπως αναφέραμε και αρχικά εκτός από την διερεύνηση της γραμμικής συσχέτισης με την χρήση συντελεστή γραμμικής συσχέτισης θα χρησιμοποιήσουμε και έναν διαγραμματικό έλεγχο με την χρήση του διαγράμματος σημείων. Από το παρακάτω διάγραμμα μπορούμε να δούμε σε απεικόνιση τα αποτελέσματα της χρήσης του συντελεστή γραμμικής συσχέτισης του **Pearson**. Επομένως με την βοήθεια του SPSS εξάγουμε το γράφημα σημείων (Εικόνα 4.4):



Εικόνα 4.4: Διάγραμμα σημείων (Scatter Plot).

Το παραπάνω διάγραμμα σημείων μας επιβεβαιώνει και διαγραμματικά πλέον την ύπαρξη της αρνητικής γραμμικής συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών του πειράματος. Έτσι μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι καθώς ο χρόνος της διεξαγωγής του πειράματος αυξάνεται, η θερμοκρασία του στοιχείου, το οποίο θέσαμε στην θερμική κατεργασία της ανόπτησης, μειώνεται.

4.5 Εφαρμογή Απλής Γραμμικής Παλινδρόμησης

4.5.1 Εισαγωγή

Στην εφαρμοσμένη στατιστική, η γραμμική παλινδρόμηση είναι μια προσέγγιση μοντελοποίησης της σχέσης μιας απλής εξαρτημένης μεταβλητής (dependent) y με μία ή περισσότερες ανεξάρτητες (independent) / μη ερμηνευτικές μεταβλητές $\{X_1, X_2, X_3, \dots, X_n\}$. Οι μεταβλητές X_i δεν θεωρούνται τυχαίες ενώ η y θεωρείται τυχαία μεταβλητή. Στην περίπτωση που έχουμε μόνο μία ανεξάρτητη μεταβλητή, τότε η μοντελοποίηση ονομάζεται απλή γραμμική παλινδρόμηση (Chatterjee & Hadi, 2006). Με την μοντελοποίηση της απλής γραμμικής παλινδρόμησης θα διερευνήσουμε την επίδραση της μεταβλητής «Χρόνος» του πειράματος μας στην μεταβλητή «Θερμοκρασία». Ως ανεξάρτητη μεταβλητή θα θεωρήσουμε την μεταβλητή «Χρόνος», ενώ ως εξαρτημένη μεταβλητή θα θεωρήσουμε την μεταβλητή «Θερμοκρασία».

Στην απλή γραμμική παλινδρόμηση έχουμε ένα σύνολο με δείγματα τιμών $\{x_i, y_i\}$. Σκοπός μας είναι να βρούμε έναν απλό μαθηματικό μοντέλο, το οποίο να περιγράφει την σχέση αυτών των δύο μεταβλητών (Mendenhall et al, 1996). Το απλό μαθηματικό μοντέλο που αναζητούμε είναι μια ευθεία γραμμή της μορφής

$$f(x) = y = a + bx \quad (1)$$

η οποία να “ταιριάζει” καλύτερα στο σύνολο των δειγμάτων. Έχοντας αυτό το μοντέλο μπορούμε να “προβλέψουμε” τις τιμές της “ y ” για νέες τιμές της “ x ”. Συγκεκριμένα η παλινδρόμηση εξετάζει πως οι μεταβολές των ανεξάρτητων μεταβλητών επηρεάζουν την εξαρτημένη (Liu & Preve, 2016; Smadi, & Abu-Afouna, 2016). Στην στατιστική μας ανάλυση ξεκινήσαμε με την ανάλυση της συσχέτισης των δύο μεταβλητών, ως ένα πρώτο στάδιο της ανάλυσης προκειμένου να διαπιστώσουμε εάν υπάρχει στατιστική σχέση μεταξύ τους. Διαπιστώσαμε υπάρχει ισχυρή αρνητική συσχέτιση ανάμεσα στις δύο μεταβλητές του πειράματος. Ως εκ τούτου προχωρούμε στο δεύτερο στάδιο της ανάλυσης παλινδρόμησης όπου θα περιγράψουμε την σχέση αυτή. Πραγματοποιώντας εισαγωγή των δεδομένων του πειράματος μας στο στατιστικό πακέτο IBM Statistics SPSS version 22 εξάγαμε αρχικά τον Πίνακα 4.9:

Πίνακας 4.9: Πίνακας μοντέλου με μέθοδο εκτίμησης καμπύλης των παρατηρούμενων παρατηρήσεων (Curve Estimation).

Model Summary and Parameter Estimates

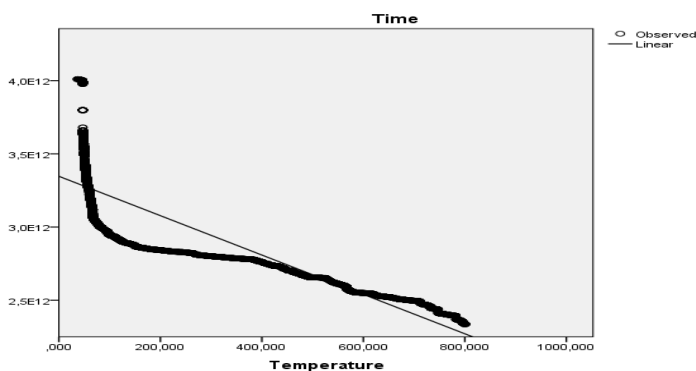
Dependent Variable: Time

Equation	Model Summary					Parameter Estimates	
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1
Linear	,750	30813,262	1	10296	,000	3346642322093 ,259	- 1344885696,31 7

The independent variable is Temperature.

Από τον Πίνακα 4.5 αυτό που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού. Ο συντελεστής προσδιορισμού R^2 αναφέρεται στο ποσοστό της συνολικής μεταβλητότητας της εξαρτημένης μεταβλητής που εξηγείται από την εξίσωση της παλινδρόμησης,

δηλαδή οφείλεται στις επιδράσεις της ανεξάρτητης μεταβλητής. Επομένως μπορούμε να δούμε ότι το 75% της μεταβλητότητας των παρατηρήσεων ερμηνεύεται από το μοντέλο, ποσοστό το οποίο είναι ικανοποιητικά υψηλό ενώ παράλληλα μπορούμε να διαπιστώσουμε από τις εκτιμήσεις της σταθεράς του μοντέλου ότι είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$ ($\text{Sig}=0,000<0,05$).



Εικόνα 4.5: Διάγραμμα παρατηρούμενων τιμών και ευθείας γραμμικής παλινδρόμησης.

Από το διάγραμμα της Εικόνας 4.6 μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η καμπύλη των παρατηρούμενων μεταβλητών δεν ταυτίζεται με την γραμμή παλινδρόμησης ωστόσο έχουν σχετικά μικρή απόκλιση σε ορισμένα σημεία.

4.5.2 Μοντέλο Απλής Γραμμικής Παλινδρόμησης.

Όπως αναφέραμε και στην αρχή της προηγούμενης, παραγράφου το μοντέλο που θα περιγράψει την σχέση των δύο μεταβλητών θα πρέπει να είναι της μορφής της σχέσης (1). Από την εισαγωγή των δεδομένων του πειράματος στο πακέτο IBM Statistics SPSS version 22 εξάγουμε αρχικά τον Πίνακα 4.10:

Πίνακας 4.10: Πίνακας Παραμέτρων Μοντέλου Απλής Γραμμικής Παλινδρόμησης.

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1927,704	9,638		200,011	,000
	Time	-5,573E-10	,000	-,866	-175,537	,000

a. Dependent Variable: Temperature

Από τον πίνακα αυτό μπορούμε να δούμε τις παραμέτρους του μοντέλου απλής γραμμικής παλινδρόμησης που εξάγει το SPSS. Επομένως με βάση τα παραπάνω, το μοντέλο μας θα είναι το εξής:

$$\text{Θερμοκρασία} = 1927,704 - 5,573E-10 \cdot \text{Χρόνος} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Με βάση το μοντέλο αυτό (σχέση (2)), μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι ο συντελεστής της σταθεράς είναι θετικός αριθμός ενώ ο συντελεστής του χρόνου είναι αρνητικός. Αυτό σημαίνει ότι αύξηση της μεταβλητής 'Χρόνος' κατά 1 μονάδα, συνεπάγεται μείωση της θερμοκρασίας. Επίσης από τα p – value των συντελεστών ($\text{Sig}=0<0,05$) συμπεραίνουμε ότι είναι στατιστικά σημαντικοί για το μοντέλο.

4.5.3 Έλεγχος Καταλληλότητας Μοντέλου Απλής Γραμμικής Παλινδρόμησης.

Το πιο ουσιαστικό ερώτημα που θα πρέπει να απαντήσουμε πριν χρησιμοποιήσουμε την εξίσωση παλινδρόμησης είναι το εξής: *ποια είναι η προβλεπτική ικανότητα του μοντέλου που εισάγαμε παραπάνω ή τι ποσοστό των μεταβολών της εξαρτημένης μεταβλητής «Θερμοκρασία» οφείλεται στις επιδράσεις της μεταβλητής «Χρόνος».*

Η ανάλυση που θα ακολουθήσουμε παρακάτω βασίζεται στα κατάλοιπα (ϵ_{it}). Από την ανάλυση των καταλοίπων μπορούμε να συμπεράνουμε ότι, όσο μεγαλύτερη είναι η επίδραση της μεταβλητής «Χρόνος» επί της μεταβλητής «Θερμοκρασία» τόσο μικρότερα θα είναι τα κατάλοιπα και αντίστροφα. Για να διεξάγουμε αυτή την ανάλυση θα πρέπει πρώτα να εκτιμήσουμε τη συνολική διασπορά των δεδομένων του πειράματός μας γύρω από τη γραμμή της παλινδρόμησης, όπως φαίνεται και στην εικόνα 5.10. Επομένως με την βοήθεια του στατιστικού πακέτου IBM Statistics SPSS version 22 εξάγουμε τον Πίνακα 4.11 της ανάλυσης διακύμανσεων.

Στον πίνακα αυτό μπορούμε να δούμε τα τρία αθροίσματα τετραγώνων τα οποία θα μας οδηγήσουν στην εξαγωγή του συντελεστή προσδιορισμού για το μοντέλο μας και τον αντίστοιχο έλεγχο καταλληλότητας του. Αρχικά μπορούμε να δούμε την τιμή του **αθροίσματος των τετραγώνων των σφαλμάτων (Sum of Squared Errors)** ή αλλιώς **SSE**, από την οποία μπορούμε να εκτιμήσουμε την ένταση της εξάρτησης της μεταβλητής «Θερμοκρασία» από την μεταβλητή «Χρόνος» (Anderson, 2001; Kim & Kohout, 1975; Tang, et al 2016).

Πίνακας 4.11: Πίνακας Ανάλυσης Διακύμανσης (ANOVA)

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	476927717,704	1	476927717,704	30813,262	,000 ^b
	Residual	159361503,504	10296	15478,002		
	Total	636289221,208	10297			

a. Dependent Variable: Temperature b. Predictors: (Constant), Time

Στην συνέχεια μπορούμε να δούμε την τιμή του **συνολικού αθροίσματος των τετραγώνων (Total Sum of Squares)** ή αλλιώς **SST** (Desai, et al 2016), από την οποία μπορούμε να ελέγξουμε το μέρος της συνολικής μεταβλητότητας της μεταβλητής 'Θερμοκρασία' που δεν εξηγείται από την εξίσωση της Απλής Γραμμικής Παλινδρόμησης. Το υπόλοιπο (**SST - SSE**) αποτελεί το μέρος της διασποράς του SST που οφείλεται στις επιδράσεις της μεταβλητής «Χρόνος». Με άλλα λόγια, η συνολική μεταβλητότητα της μεταβλητής «Θερμοκρασία» μπορεί να χωριστεί σε δύο μέρη:

- Στην «εξηγημένη» από την εξίσωση της Απλής Γραμμικής Παλινδρόμησης
- Και στην «ανεξήγητη», δηλαδή εκείνη που οφείλεται στην επίδραση όλων των άλλων παραγόντων εκτός της ανεξάρτητης μεταβλητής «Χρόνος».

Τέλος μπορούμε να δούμε και την τιμή του **αθροίσματος των τετραγώνων της παλινδρόμησης (Sum of Squared Regression)** ή αλλιώς **SSR** (Myers et 2016) το οποίο αποτελεί το μέρος της διασποράς της μεταβλητής «Θερμοκρασία» που οφείλεται στις επιδράσεις της μεταβλητής 'Χρόνος' και επομένως ισχύει η σχέση (2):

$$SST = SSR + SSE \quad (2)$$

Από τα παραπάνω αθροίσματα τετραγώνων μπορούμε να υπολογίσουμε το ποσοστό της συνολικής μεταβλητότητας της μεταβλητής «Θερμοκρασία» που εξηγείται από την εξίσωση της παλινδρόμησης και ονομάζεται **Συντελεστής Προσδιορισμού** (Montgomery, 2008). Ο Συντελεστής Προσδιορισμού στο διάστημα [0,1] παίρνει μόνο θετικές τιμές (Potvin, & Schutz, 2000).

Συμβολίζεται με R^2 και υπολογίζεται από την σχέση (3):

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} \quad (3)$$

Πίνακας 4.12: Πίνακας Σύνοψης Μοντέλου Απλής Γραμμικής Παλινδρόμησης.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,866 ^a	,750	,750	124,410617

a. Predictors: (Constant), Time

Με την χρήση του στατιστικού πακέτου IBM Statistics SPSS version 22 εξάγουμε τον Πίνακα 4.12 ο οποίος μας δίνει και την τιμή του συντελεστή προσδιορισμού που αφορά και την διαπίστωση για το πόσο καλό είναι το μοντέλο της Απλής Γραμμικής Παλινδρόμησης που κατασκευάσαμε για τις μεταβλητές του πειράματος. Από τον Πίνακα 4.12 μπορούμε να δούμε την τιμή του συντελεστή προσδιορισμού, η οποία είναι

$$R^2 = 0,750 \quad (4)$$

και εξάγουμε το συμπέρασμα ότι το **75%** της μεταβλητότητας της μεταβλητής «Θερμοκρασία» οφείλεται στην επίδραση της μεταβλητής «Χρόνος» και ότι το υπόλοιπο **25%** οφείλεται σε άλλους παράγοντες. Επίσης μπορούμε να δούμε ότι το ίδιο ποσοστό διορθωμένο για τον αριθμό των παρατηρήσεων ερμηνεύεται ικανοποιητικά από το μοντέλο μας. Τέλος τα δύο ποσοστά είναι ικανοποιητικά υψηλά και μπορούμε να εκφράσουμε την άποψη ότι το μοντέλο μας περιγράφει σε αρκετά υψηλό βαθμό την σχέση των μεταβλητών του πειράματος που διεξαγάγαμε.

4.6 Εφαρμογή Χρονολογικών Σειρών**4.6.1 Εισαγωγή**

Επειδή η μία από τις δύο μεταβλητές μας είναι ο χρόνος μπορούμε να προχωρήσουμε την στατιστική ανάλυση ένα βήμα πιο πέρα, και να χρησιμοποιήσουμε την μέθοδο των χρονολογικών σειρών για να μπορέσουμε να πραγματοποιήσουμε προβλέψεις των τιμών της μεταβλητής 'Θερμοκρασία'. Στόχος της στοχαστικής ανάλυσης των χρονολογικών σειρών είναι η μελέτη της στοχαστικής διαδικασίας διαμόρφωσης των δεδομένων (Data Generating Process) και η διενέργεια προβλέψεων (Κοντούρη, 2008; Fayyad et al, 1996; Juselius, 1990).

Οι βασικές κατηγορίες υποδειγμάτων χρονολογικών σειρών είναι οι ακόλουθες:

- Υποδείγματα Λευκού Θορύβου (white noise models)
- Υποδείγματα Τυχαίας Διαδρομής (random walk models)
- Αυτοπαλίνδρομα Υποδείγματα (autoregressive models-AR)
- Υποδείγματα Κινητών Μέσων (moving average models)
- Αυτοπαλίνδρομα Υποδείγματα Κινητών Μέσων (ARMA models)
- Υποδείγματα Box-Jenkins
- Vector Autoregression (VAR) Υποδείγματα

Οι συνιστώσες μιας χρονολογικής σειράς είναι οι παρακάτω:

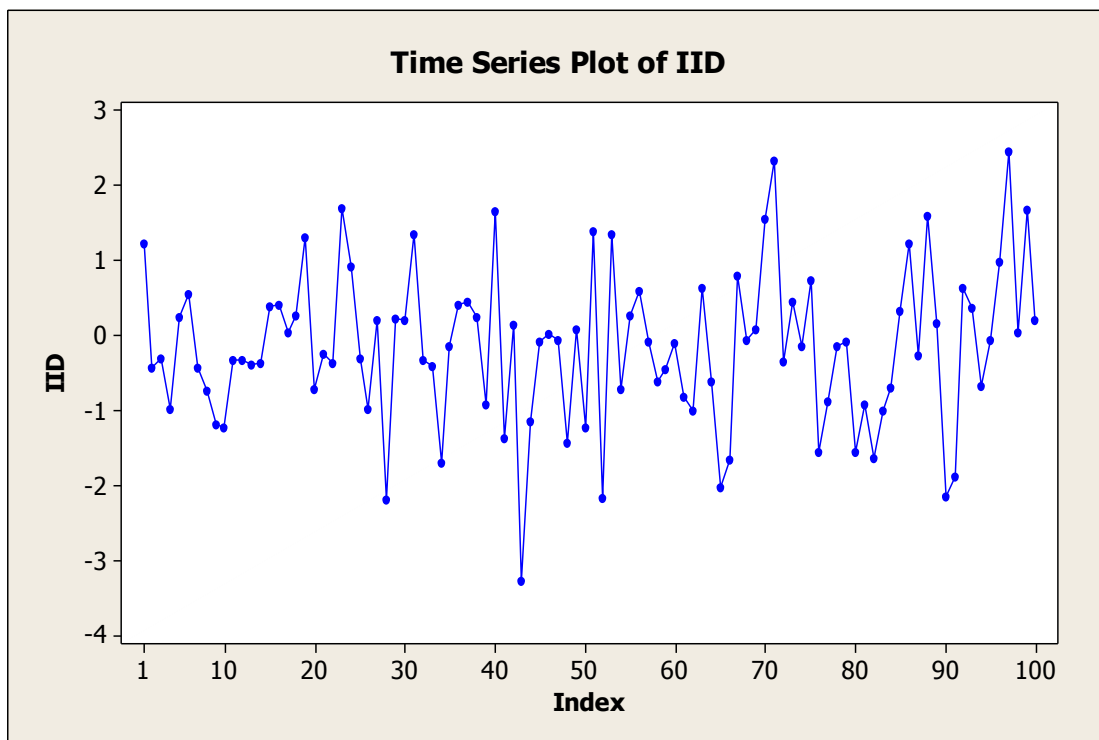
- Μακροχρόνια Τάση (trend) – (T_t)
 - γραμμική
 - μη-γραμμική
- Κυκλική περιοδικότητα (cyclical variation) - (C_t)
 - Αυξήσεις και μειώσεις των τιμών της σειράς (αποκλίσεις από την μακροχρόνια τάση της) ανά διαστήματα μεγαλύτερα του έτους.
- Εποχιακή περιοδικότητα (seasonal variation) - (S_t)
 - Η συμπεριφορά των τιμών της σειράς εναλλάσσεται σε διαστήματα μικρότερα του έτους (βδομάδα, μήνας , τρίμηνο)
- Τυχαία περιοδικότητα (residual variation) - (R_t)

Συνολικά ισχύει ο τύπος (5):

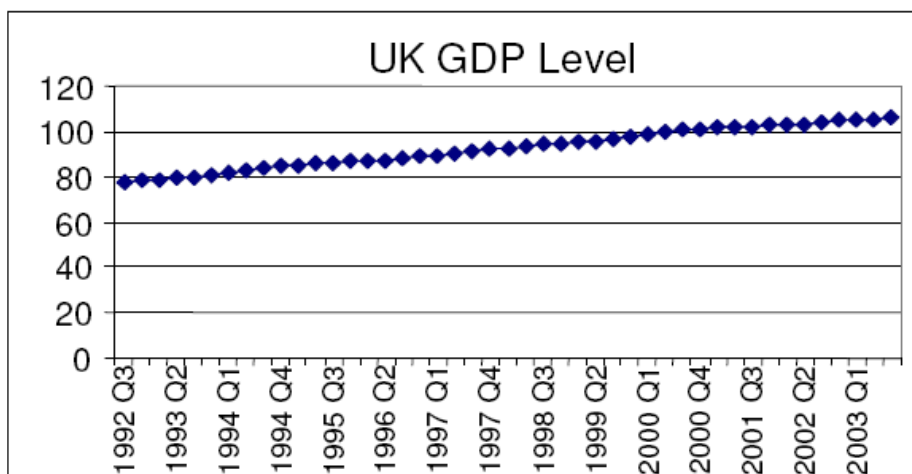
$$(Y_t) = (T_t) + (C_t) + (S_t) + (R_t) \quad (5)$$

5.6.2 Έλεγχος Στασιμότητας Χρονολογικής Σειράς

Μία στοχαστική διαδικασία ονομάζεται στάσιμη αν ο μέσος και η διακύμανσή της δεν μεταβάλλονται διαχρονικά και η συνδιακύμανση των τιμών της σε δύο χρονικές περιόδους εξαρτάται μόνο από τις χρονικές υστερήσεις και όχι από καθαυτό το χρονικό σημείο στο οποίο υπολογίζεται (δευτέρης τάξης στασιμότητα). Στην Εικόνα 4.6 παρατηρούμε ένα παράδειγμα «Στάσιμης Χρονολογικής Σειράς» και στην Εικόνα 4.7 ένα παράδειγμα «Μη Στάσιμης Χρονολογικής Σειράς», (Κουντούρη, 2008).



Εικόνα 4.6: Παράδειγμα Στάσιμης Χρονολογικής Σειράς

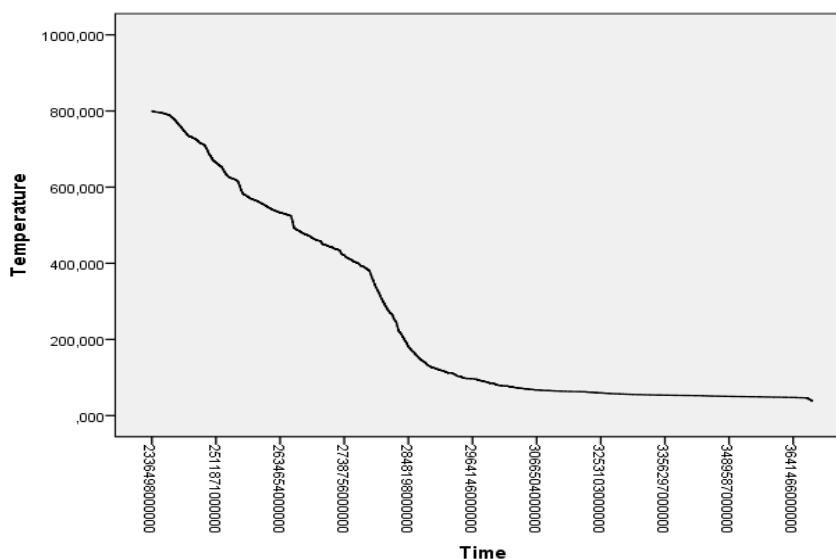


Εικόνα 4.7: Παράδειγμα Μη Στάσιμης Χρονολογικής Σειράς

Μπορούμε να ελέγξουμε την στασιμότητα μιας χρονολογικής σειράς με τους παρακάτω τρεις τρόπους (Ghysels et al, 1994):

- Μελετώντας την γραφική απεικόνιση της σειράς
- Κατασκευάζοντας και μελετώντας την συνάρτηση αυτοσυσχέτισης και το αντίστοιχο διάγραμμα της
- Πραγματοποιώντας έλεγχο για μοναδιαία ρίζα (Dickey-Fuller tests) (Dickey, 2011).
- Πραγματοποιώντας στατιστικούς ελέγχους για τον συντελεστή αυτοσυσχέτισης (Wilcox, 1998; McNemar, 1947), (Q -Statistic)

Στην συγκεκριμένη ανάλυση πραγματοποιούμε τον έλεγχο της στασιμότητας της χρονολογικής με την χρήση της γραφικής απεικόνισης της σειράς, η οποία με την βοήθεια του στατιστικού πακέτου SPSS παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.8:



Εικόνα 4.8: Διάγραμμα Ελέγχου Στασιμότητας - Time sequence plot.

Στο γράφημα της Εικόνας 4.8. παρατηρούμε ότι δεν έχουμε σταθερή διακύμανση ούτε σταθερή μέση τιμή. Επιπλέον, παρουσιάζει καθοδική τάση και κατά συνέπεια, η χρονολογική μας σειρά δεν είναι στάσιμη και παίρνουμε τις πρώτες διαφορές

$$DY_t = Y_t - Y_{t-1} \quad (6)$$

για να εφαρμόσουμε υπόδειγμα **ARIMA** στη νέα σειρά DY_t .

4.6.3 Εφαρμογή Υποδείγματος ARIMA

Το στατιστικό πακέτο IBM Statistics SPSS version 22 είναι ιδιαίτερα καλό στην χρησιμοποίηση των υποδειγμάτων **ARIMA** για την διεξαγωγή προβλέψεων σε χρονολογικές σειρές. Τα υποδείγματα **ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)** χρησιμοποιούνται εκτεταμένα για τις προβλέψεις χρονολογικών σειρών (Box & Pierce, 1970; Ojo, 2010).). Ο σκοπός των υποδειγμάτων αυτών είναι να πραγματοποιήσουν προβλέψεις για μια χρονολογική σειρά Y_t με βάση μόνον τις παρελθούσες τιμές της σειράς και χωρίς άλλη πληροφόρηση διαρθρωτικής μορφής Πίνακας 4.13 (Ζάρλα, 2006; Καρβέλης, 2008).

Πίνακας 4.13: Πίνακας Περιγραφής Μοντέλου Χρονολογικής Σειράς.

Model Description			
			Model Type
Model ID	Temperature	Model_1	ARIMA(0,0,0)

Με την βοήθεια του στατιστικού πακέτου εξάγουμε τον Πίνακα 4.14 για την ανάλυση της χρονολογικής σειράς:

Πίνακας 4.14: Πίνακας Ανάλυσης Χρονολογικής Σειράς.

Model Statistics						
Model	Number of Predictors	Model Fit statistics	Ljung-Box Q(18)			Number of Outliers
		Stationary R-squared	Statistics	DF	Sig.	
Temperature-Model_1	1	,750	183711,266	18	,000	0

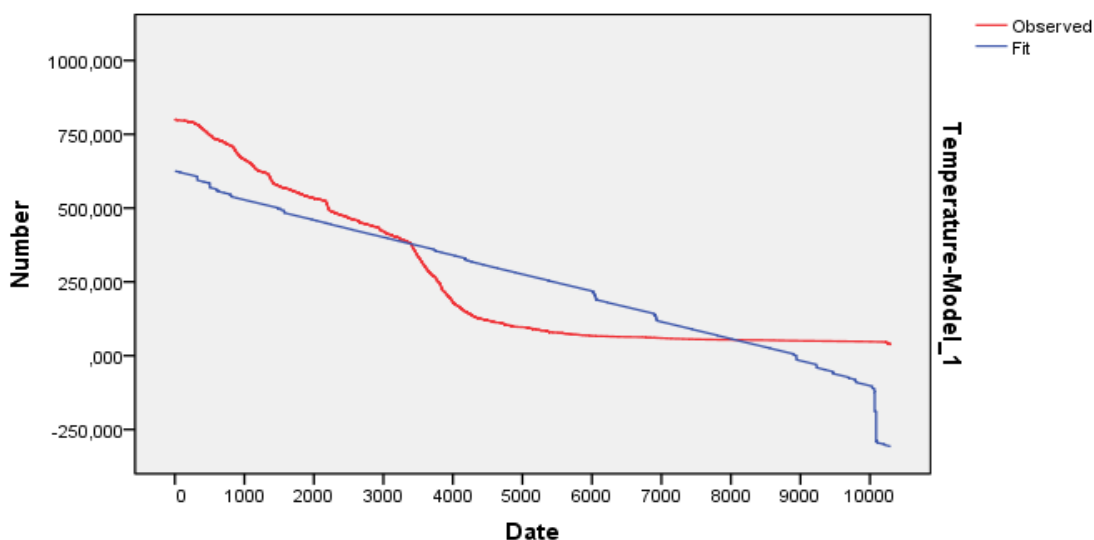
Από τον Πίνακα 4.14 έχουμε έναν παράγοντα πρόβλεψης. Ο συντελεστής **Stationary R-squared** (Tsay, 2005) παρέχει μια εκτίμηση του ποσοστού της συνολικής διακύμανσης της σειράς που εξηγείται από το μοντέλο και είναι προτιμότερο από το συνηθισμένο **R-squared** όταν υπάρχει μια τάση όπως στη περίπτωση μας. Το **75%** της συνολικής διακύμανσης της σειράς εξηγείται από το μοντέλο ενώ παράλληλα δεν έχουμε ελλιπείς τιμές. Επίσης η στατιστική **Ljung-Box**, παρέχει μια ένδειξη για το εάν το μοντέλο μας έχει καθοριστεί σωστά (Kroner & Ng, 1998). Μια τιμή σημαντικότητας μικρότερη από **0,05** σημαίνει ότι υπάρχει δομή στην παρατηρούμενη σειρά που δεν εξηγείται από το μοντέλο. Εδώ η τιμή **Sig=0** είναι μικρότερη από το **0,05**. Στην συνέχεια εξάγουμε τον Πίνακα 4.15 (Πίνακας Παραμέτρων) του μοντέλου ARIMA με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου.

Πίνακας 4.15: Πίνακας Παραμέτρων ARIMA Μοντέλου

ARIMA Model Parameters

					Estimate	SE	t	Sig.
Temperature- Model_1	Temperatu re	No Transformation	Constant		1927,704	9,638	200,01 1	,000
	Time	No Transformation	Numerat or	Lag 0	-5,573E- 10	3,175E- 12	- 175,53 7	,000

Ο Πίνακας 4.15 δείχνει τις παραμέτρους του μοντέλου **ARIMA** (στήλη **Estimate**). Από τον πίνακα στατιστικών στοιχείων του μοντέλου διαπιστώνουμε ότι υπάρχει ένας παράγοντας πρόβλεψης ο οποίος είναι στατιστικά σημαντικός (**Sig=0,00<0,05**). Αυτόν τον παράγοντα αποτελεί η μεταβλητή «Χρόνος». Με βάση τα παραπάνω εξάγουμε το γράφημα της Εικόνας 4.9 που αφορά την απεικόνιση της δυνατότητας του **ARIMA** μοντέλου για καλή πρόβλεψη.



Εικόνα 4.9: Γράφημα Παρατηρουμένων με Προβλεφθεισών Τιμών

Στην Εικόνα 4.9 διακρίνουμε με κόκκινο χρώμα τις παρατηρηθείσες τιμές του πειράματος και με μπλε τις τιμές που προκύπτουν με βάση το μοντέλο πρόβλεψης που κατασκευάσαμε. Μπορούμε να διακρίνουμε ότι οι προβλεφθείσες τιμές δεν δείχνουν τόσο καλή συμφωνία με τις παρατηρούμενες τιμές, υποδεικνύοντας ότι το μοντέλο μας δεν έχει τόσο ικανοποιητική προγνωστική ικανότητα.

Μετά την αναλυτική ενδοσκόπηση και αναζήτηση συσχετίσεων ανάμεσα στις μεταβλητές των φαινομένων που περιγράψαμε τίθεται το ζήτημα της παιδαγωγικής ένταξης της μεθοδολογίας μας. Η παραδοσιακή παιδαγωγική στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση δε θα μπορούσε να εντάξει στα όρια της τέτοιο εύρος αναζητήσεων και συσχετισμών. Αναζητώντας μοντέλα διδασκαλίας και μάθησης στην εποχή μας εστίασαμε στη διδακτική μεθοδολογία που περιγράφεται με τον όρο S.T.E.M..

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ

1. K., Pearson, (1891). "Ether Squirts". *American Journal of Mathematics*. 13 (4): 309–72. doi:10.2307/2369570. JSTOR 2369570. Available at <http://www.jstor.org/stable/pdf/2369570.pdf>
2. K., Pearson, (1892). "The Grammar of Science". London: Walter Scott. Dover Publications, 2004 ISBN 0-486-49581-7.
Available at <https://archive.org/stream/grammarofscience00pearrich#page/n9/mode/2up>
3. Oakland, J. S. (2007). *Statistical process control*. Routledge. Available at <http://tinyurl.com/jx3z59>
4. W., Mendenhall, R. J., Beaver, B. M., & Beaver, B. M. (2012). *Introduction to probability and statistics*. Cengage Learning. 14th Edition.
5. R. A., Johnson, I., Miller, & J., Freund, (2000). *Probability and statistics for engineers. Miller & Freund's*, 546-554.
6. F., Lampariello, (2000). On the use of the Kolmogorov - Smirnov statistical test for immunofluorescence histogram comparison. *Cytometry*, 39 (3), 179-188. Available at [http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/\(SICI\)1097-0320\(20000301\)39:3%3C179::AID-CYTO2%3E3.0.CO;2-I/epdf](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/(SICI)1097-0320(20000301)39:3%3C179::AID-CYTO2%3E3.0.CO;2-I/epdf)
7. N., Kordzakhia, A., Novikov, A., & B., Ycart, (2016). Approximations for weighted Kolmogorov–Smirnov distributions via boundary crossing probabilities. *Statistics and Computing*, 1-11. Available at <http://link.springer.com/article/10.1007/s11222-016-9701-y>
8. J., F., Hair Jr, R., E., Anderson, R., L., Tatham, & C., William, (1995). Black. 1995. *Multivariate data analysis with readings*, 4.
9. Β., Π., Αγγελίδης, (χ.χ.) «Ανάλυση Δεδομένων», Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης. Σημειώσεις μαθήματος. Διαθέσιμο <http://tinyurl.com/huj46cj>
10. S., Chatterjee, & A., S., Hadi, (2006). Simple linear regression. *Regression Analysis by Example, Fourth Edition*, 21-51.
11. W., Mendenhall, T., Sincich, & N. S. Boudreau, (1996). *A second course in statistics: regression analysis* (Vol. 5). Upper Saddle River New Jersey New Jersey: Prentice Hall.
12. X., Liu, & D., Preve, (2016). Measure of location-based estimators in simple linear regression. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 86(9), 1771-1784.
13. A. A., Smadi, & N.H. Abu-Afouna, (2016). On least squares estimation in a simple linear regression model with periodically correlated errors: A cautionary note. *Austrian Journal of Statistics*, 41(3), 211-226.
14. M. J., Anderson (2001). A new method for non - parametric multivariate analysis of variance. *Austral ecology*, 26(1), 32-46.
15. J. O. Kim, & F.J. Kohout, (1975). Analysis of variance and covariance: subprograms ANOVA and ONEWAY. *Statistical package for the social sciences*, 2, 398-433.
16. K., Tang, P.M. Congedo, & R. Abgrall, (2016). Adaptive surrogate modeling by ANOVA and sparse polynomial dimensional decomposition for global sensitivity analysis in fluid simulation. *Journal of Computational Physics*, 314, 557-589.
17. M. B., Desai, S. V. Patel, & B. Prajapati, (2016). ANOVA and Fisher Criterion based Feature Selection for Lower Dimensional Universal Image Steganalysis. *International Journal of Image Processing (IJIP)*, 10(3), 145.
18. R. H. Myers, D.C. Montgomery, & C. M. Anderson-Cook, (2016). *Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments*. John Wiley & Sons.
19. D. C., Montgomery, (2008). *Design and analysis of experiments*. John Wiley & Sons.
20. P. J., Potvin, & R. W., Schutz, (2000). Statistical power for the two-factor repeated measures ANOVA. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 32(2), 347-356.
21. K. F., Kroner, & V. K. Ng. (1998). Modeling asymmetric comovements of asset returns. *Review of Financial Studies*, 11(4), 817-844.
22. Φ. Κουντούρη, (2008). "Χρονολογικές Σειρές (Time Series)", Lecture Notes. Διαθέσιμο στο <http://tinyurl.com/zdrn38f>

23. U., Fayyad, G., Piatetsky-Shapiro, & P., Smyth, (1996). The KDD process for extracting useful knowledge from volumes of data. *Communications of the ACM*, 39 (11), 27-34.
24. K. Juselius, (1990). *Long-run relations in a well defined statistical model for the data generating process. Cointegration analysis of the PPP and the UIP relations* (No. 90-11).
25. D. G. Dickey, (2011). Dickey-Fuller Tests. In *International Encyclopedia of Statistical Science* (pp. 385-388). Springer Berlin Heidelberg.
26. E. Ghysels, H. S. Lee, & J. Noh, (1994). Testing for unit roots in seasonal time series: some theoretical extensions and a Monte Carlo investigation. *Journal of econometrics*, 62(2), 415-442.
27. D. C. Wilcox, (1998). *Turbulence modeling for CFD* (Vol. 2, pp. 103-217). La Canada, CA: DCW industries.
28. Q., McNemar. (1947). Note on the sampling error of the difference between correlated proportions or percentages. *Psychometrika*, 12(2), 153-157.
29. G. E., Box, & D. A., Pierce, (1970). Distribution of residual autocorrelations in autoregressive-integrated moving average time series models. *Journal of the American statistical Association*, 65(332), 1509-1526.
30. I. F. Ojo, (2010). Autoregressive Integrated Moving Average. *Asian Journal of Mathematics and Statistics*, 3(4), 225-236.
31. R. S., Tsay. (2005). *Analysis of financial time series* (Vol. 543). John Wiley & Sons.
- A. Ζάρλα, (2006). *Ανάλυση χρονολογικών σειρών* (Doctoral dissertation). Διαθέσιμη στη διεύθυνση <http://tinyurl.com/gwkg8rk>
32. Χ., Καρβέλης, (2008). *Ανάλυση χρονολογικών σειρών: προβλέποντας το μέλλον, κατανοώντας το παρελθόν* (Doctoral dissertation). Διαθέσιμη στη διεύθυνση <http://tinyurl.com/hpfz95z>

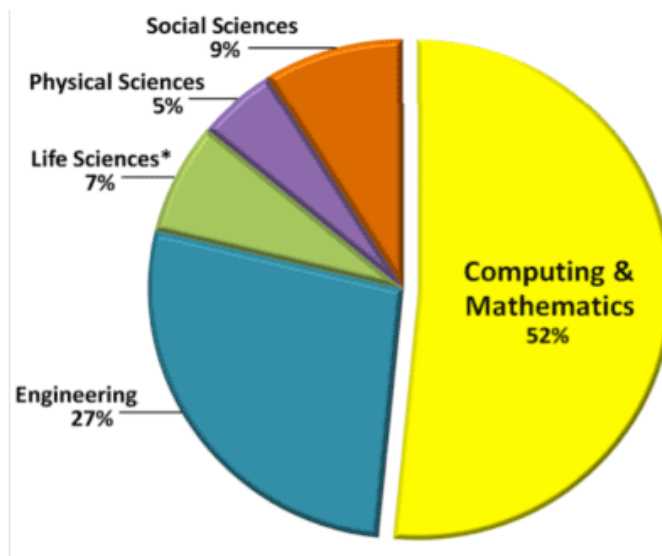
5. STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics)

5.1 Εισαγωγή

Με τον όρο STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) αναφερόμαστε στο ακρωνύμιο το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως από άτομα σχετικά με την εκπαιδευτική πολιτική, για τα πεδία που αναφέρονται στις Φυσικές Επιστήμες, την Τεχνολογία, την Επιστήμη των Μηχανικών και τα Μαθηματικά. Ο όρος STEM πρωτοεμφανίσθηκε το 2001 από τη βιολόγο Judith A. Ramaley, η οποία ως Διευθύντρια του Ιδρύματος Φυσικών Επιστημών των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής, ήταν υπεύθυνη για την ανάπτυξη νέων προγραμμάτων σπουδών. Το STEM είναι μια προσέγγιση στην Εκπαίδευση που σχεδιάζεται ώστε στη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών, που είναι ζωτικής σημασίας για μια βασική κατανόηση του σύμπαντος, να εισαχθούν οι Τεχνολογίες και η Επιστήμη των Μηχανικών, που αποτελούν για τον άνθρωπο τα μέσα αλληλεπίδρασης με το σύμπαν. Επομένως μπορούμε να πούμε ότι το STEM αποτελεί έναν νέο “μετά – επιστημονικό κλάδο”. Στο Πανεπιστήμιο της Columbia των Ηνωμένων Πολιτειών έχει τεθεί το εξής ερώτημα αναφορικά με την διεξαγωγή της εκπαιδευτικής διαδικασίας: “Πώς μπορούμε να κάνουμε τη μάθηση να αποκτήσει τέτοιο νόημα για τους μαθητές ώστε να παραμένουν στο σχολείο, να επιτυγχάνουν υψηλές επιδόσεις, και με επιτυχία να αποφοιτούν από το λύκειο προς την τριτοβάθμια εκπαίδευση ή προς μια δουλειά της επιλογής τους;”

Η απάντηση που δίνεται στο παραπάνω ερώτημα είναι σχετικά απλή. Οι μαθητές θα πρέπει να εκπαιδευτούν ώστε να αντιληφθούν ότι η δική τους ευημερία εξαρτάται από την ποιότητα του πλανήτη και η όποια εκπαίδευσή τους θα πρέπει να περιλαμβάνει την εκπαίδευση σε θέματα όπως τα παρακάτω:

- την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή,
- τη διατήρηση της εναπομένουσας βιοποικιλότητας,
- την προστασία και την πρόσβαση σε πηγές νερού κ.λπ..

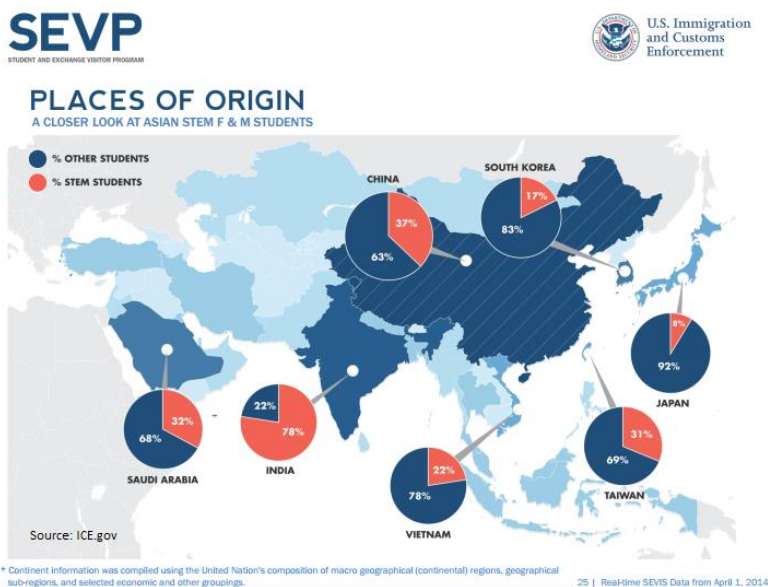


Εικόνα 5.1: Ποσοστιαία κατανομή των πεδίων του STEM (<http://www.exploringcs.org/resources/cs-statistics>).

Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα οι μαθητές να μπορούν να αντιμετωπίζουν θέματα-προκλήσεις με περιβαλλοντικές, κοινωνικοοικονομικές και πολιτικές επιδράσεις. Επομένως μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι οι μαθητές με βαθιές γνώσεις, όχι μόνο έχουν την ικανότητα να διαβάζουν και να υπολογίζουν αλλά και να καινοτομούν σε τομείς αιχμής.

Παραδείγματος χάριν στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής παραδέχονται ότι η χώρα τους έχει μείνει πίσω στον τομέα των μαθηματικών και της επιστήμης. Στα πλαίσια αυτά ο πρόεδρος Ομπάμα κάλεσε την κοινωνία να πάρει πρωτοβουλίες για να αντιμετωπισθεί το πρόβλημα της καινοτομίας. Με βάση το σύνθημα “**Educate to Innovate**” (εκπαιδεύστε για να καινοτομήσουμε) ξεκίνησε μία μεγάλη εκστρατεία για την εκπαίδευση αναφορικά με το STEM ώστε κάθε παιδί να αναπτύξει τις προσωπικές του δεξιότητες σε ένα ευνοϊκό γι’ αυτό περιβάλλον μάθησης.

Στην Αμερική, η εκπαίδευση στο STEM αποτελεί πλέον οικονομική επιταγή διότι σχεδόν όλα από τα τριάντα (30) αναπτυσσόμενα επαγγέλματα μέσα στην επόμενη δεκαετία θα απαιτήσουν τουλάχιστον κάποιο σημαντικό υπόβαθρο σε γνώσεις τεχνολογίας, μηχανικής, και μαθηματικών. Επιπλέον, σύμφωνα με μια νέα μελέτη του Προγράμματος Πολιτικής Brookings Metropolitan, διάφορες μητροπολιτικές περιοχές με κατοίκους που έχουν τα υψηλότερα ποσοστά γνώσης αναφορικά με το STEM έχουν επίσης ισχυρότερη συνολική οικονομία και λιγότερη ανισότητα εισοδήματος. Αυτό σημαίνει ότι έχει περισσότερο νόημα από ποτέ για τις κυβερνήσεις, τα σχολεία και τα άλλα θεσμικά όργανα σε όλο τον κόσμο να επενδύσουν στην εκπαίδευση γύρω από το STEM. Σε όλη την Ευρώπη οι χώρες που θέλουν να αναπτύξουν τη βιομηχανία τους προσπαθούν να εντάξουν το STEM στην εκπαίδευση (πρωτοβάθμια – δευτεροβάθμια και στα παιδαγωγικά της τριτοβάθμιας). Προς αυτή την κατεύθυνση έχει αρχίσει από το 2009 μια προσπάθεια το Ευρωπαϊκό Σχολικό Δίκτυο, με έδρα τις Βρυξέλλες, ώστε κάποια σχολεία να αναπτύξουν πιλοτικά νέες δραστηριότητες μάθησης και τεχνολογίες στην τάξη, διερευνώντας τη χρήση νέων παιδαγωγικών εργαλείων για τη διδασκαλία STEM. Με το STEM επιχειρείται ο μετασχηματισμός από το επίπεδο της παραδοσιακής δασκαλοκεντρικής διδασκαλίας στη διδασκαλία όπου κυρίαρχο ρόλο στο αναλυτικό πρόγραμμα θα διαδραματίζει η επίλυση διαφόρων προβλημάτων, ενώ παράλληλα θα ενισχύονται οι δυνατότητες των μαθητών γύρω από την ανακάλυψη και την διερευνητική μάθηση (Εικόνα 5.1. & Εικόνα 5.2.). Το STEM θα μπορεί να παρέχει ευκαιρίες για την ανάπτυξη δεξιοτήτων ενθαρρύνοντας τα παιδιά να απαντούν σε ερωτήματα και να εμπλέκονται σε παιγνιώδεις δραστηριότητες με θέματα γύρω από την επιστήμη, τα μαθηματικά, τη μηχανική και την τεχνολογία. Διεθνείς μελέτες έχουν αποτυπώσει την εντυπωσιακή αλλαγή της εμπλοκής και του ενδιαφέροντος που εμφανίζουν τα παιδιά με τα επιστημονικά πεδία του STEM.



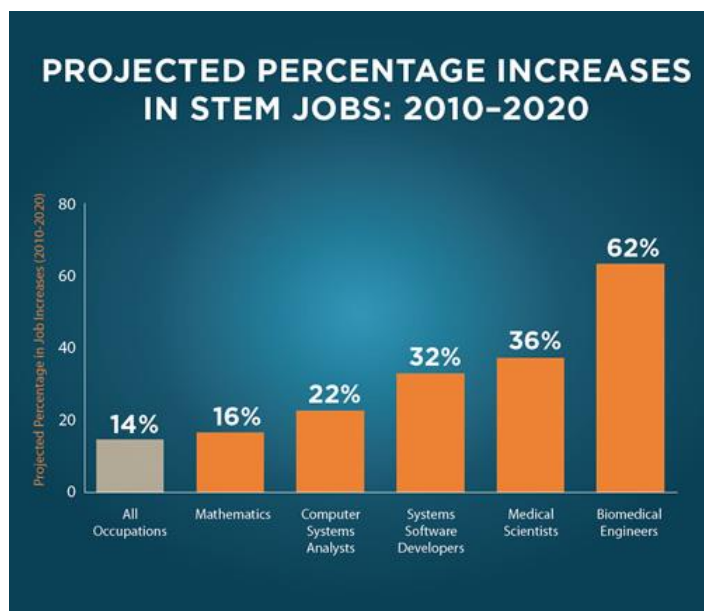
Εικόνα 5.2: Ποσοστά μαθητών που ακολουθούν τα πεδία STEM στην Ασία σύμφωνα με την ανάλυση δεδομένων από τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών (http://dreducation1.rssing.com/channel-7248010/all_p5.html).

Με την εφαρμογή του STEM μέσω projects, οι εκπαιδευόμενοι μαθαίνουν να στοχεύονται στη διαδικασία της επίλυσης αυθεντικών προβλημάτων και να αποκτούν δεξιότητες που είναι σχετικές με την παγκοσμιοποίηση στην εκπαίδευση, καθώς πραγματοποιείται μία εστίαση στην κριτική σκέψη, στην εργασία σε ομάδες (συνεργασία), ενώ παράλληλα έχει αναφερθεί ότι μειώνει το χάσμα γνώσεων ανάμεσα σε εκπαιδευόμενους από διαφορετικά κράτη. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο γεννήθηκε η πρωτοβουλία “STEM on the Road” με σκοπό την εναρμόνιση της εταιρικής κοινωνικής ευθύνης για να εξασφαλιστεί η συμβολή όλων στην επίτευξη πραγματικής και μετρήσιμης αύξησης στην επίδοση των νέων στην επιστήμη, την τεχνολογία, τη μηχανική, και τα μαθηματικά (<http://stem.edu.gr>).

5.2 STEM και Επαγγελματικός Προσανατολισμός

Τα τελευταία χρόνια, όπως αναφέραμε και στην εισαγωγή του κεφαλαίου έχει μεγαλώσει η ανάγκη για την στελέχωση διάφορων επαγγελμάτων που αφορούν τα πεδία που καλύπτει το STEM. Όπως αναφέραμε ο πρόεδρος των Ηνωμένων Πολιτειών, Μπαράκ Ομπάμα, έχει ήδη ξεκινήσει από το 2009 σειρά ανακοινώσεων αναφορικά με προγράμματα και προτάσεις αναφορικά με την ανάπτυξη του STEM στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής. Στο ίδιο μήκος κύματος έχει κινηθεί και η Μεγάλη Βρετανία, εισάγοντας παρόμοιες προτάσεις σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

Οι λογικές που έχουν αναπτυχθεί γύρω από αυτήν την διάταξη είναι ποικίλες αλλά περιορισμένες και αναφέρονται κυρίως γύρω από επαγγελματικούς και οικονομικούς σκοπούς. Οι λογικές αυτές δεν είναι ασυνήθιστες αναφορικά με την αιτιολόγηση της Τεχνικής Εκπαίδευσης, αν και πιο πρόσφατα η Τεχνική Εκπαίδευση έχει καθιερώσει με μεγαλύτερη ασφάλεια την θέση της ως μια συνιστώσα της Γενικής Εκπαίδευσης. Σε πολλές χώρες η κλασική Τεχνολογική Εκπαίδευση έχει έναν ισχυρό δεσμό με την επαγγελματική αποκατάσταση των μαθητών ανάλογα πάντα με τις ανάγκες που προστάζει η εκάστοτε αγορά εργασίας. Στον αντίποδα, η Τεχνολογία ως στοιχείο της γενικής εκπαίδευσης έχει λιγότερη συνδυαστική ικανότητα με την οικονομική ανάπτυξη αλλά παρόλα αυτά παραμένει μια λογική στην οποία γίνονται συχνά επικλήσεις (Williams, 2011).



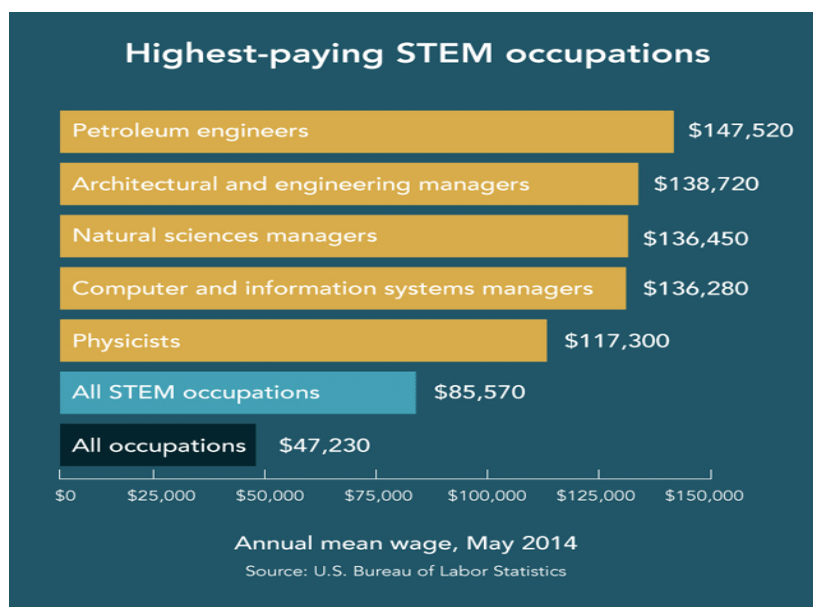
Εικόνα 5.3: Ιστόγραμμα ποσοστιαίας αύξησης ζήτησης επαγγελμάτων γύρω από το STEM έως το 2020 (<http://www.ed.gov/stem>).

Οι παραπάνω λογικές δείχνουν το κίνητρο για την υποβολή προτάσεων STEM αναφορικά με μεταβολές στα πρότυπα του εργατικού δυναμικού και τις πτωτικές τάσεις στους διάφορους

οικονομικούς δείκτες. Δεν είναι ασυνήθιστο η Τεχνολογική Εκπαίδευση να προωθείται σε περιόδους οικονομικής ύφεσης. Χρησιμοποιώντας την Αυστραλία ως παράδειγμα, υπάρχει σαφής συσχέτιση μεταξύ της οικονομικής κρίσης των δεκαετιών 1890, 1930 και 1980 σημαντικών εξελίξεων στον τομέα της Τεχνολογικής Εκπαίδευσης. Δεν είναι απίθανο ότι η παγκόσμια χρηματοοικονομική κρίση του 2007-2009 να λειτουργεί ως ένα διεγερτικό αναφορικά με τις επικλήσεις γύρω από τον επαγγελματικό προσανατολισμό που αφορά ειδικότητες του STEM (Williams, 1996).

Η ημερήσια διάταξη αυτής της συγχώνευσης οδηγείται από επαγγελματικούς και οικονομικούς στόχους. Οι επαγγελματικοί στόχοι σχετίζονται με ελλείψεις δεξιοτήτων στον τομέα της επιστήμης και των περιοχών της μηχανικής. Η μελέτη των επιστημονικών πεδίων του STEM δημιουργεί ένα μονοπάτι προς ένα καλύτερο μέλλον, ανοίγοντας ένα ευρύ φάσμα από ενδιαφέρουσες και συναρπαστικές ευκαιρίες σταδιοδρομίας σύμφωνα με διεθνής μελέτες. Οι διάφορες στρατηγικές ανάπτυξης των επιστημονικών πεδίων του STEM έχουν σχεδιαστεί για να αναπτύσσουν μια ισχυρή προσφορά επιστημόνων, μηχανικών, τεχνολόγων και μαθηματικών. Χώρες όπως το Ηνωμένο Βασίλειο και οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής έχουν σοβαρές ανησυχίες σχετικά με το πώς κενές θέσεις στον τομέα απασχόλησης των επιστημονικών πεδίων του STEM πρόκειται να πληρωθούν στο μέλλον (Williams, 1996).

Η πολιτική, κοινωνική και τεχνολογική ιστορία της κάθε χώρας σε όλο τον κόσμο είναι διαφορετική, και έτσι προκύπτουν διάφορα εκπαιδευτικά συστήματα, και ειδικότερα στην τεχνολογική εκπαίδευση, τα οποία ευθυγραμμίζονται με την διαφορετικότητα της κάθε χώρας. Δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η Κίνα και η Ινδία, οι οποίες έχουν ακολουθήσει αρκετά διαφορετικές προσεγγίσεις στην Τεχνολογική Εκπαίδευση, παρόλο που η τεχνολογική ανάπτυξη είναι σχεδόν ταυτόχρονη στις χώρες αυτές. Η προσέγγιση αναφορικά με τα επιστημονικά πεδία του STEM αποτελεί ένα φαινόμενο το οποίο δεν συμβαίνει σε όλες τις χώρες, διότι δεν είναι κατάλληλη για όλες τις χώρες (Εικόνα 5.3. & Εικόνα 5.4.).



Εικόνα 5.4: Επαγγέλματα των πεδίων του STEM με τις υψηλότερες οικονομικές απολαβές στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής σύμφωνα με το U.S. Bureau of Labor Statistics (<http://www.cbsnews.com/news/labor-department-7-things-to-know-about-stem-careers/>).

Οι χώρες που αποτελούν τους πρωτοπόρους σε αυτήν την κατεύθυνση είναι η Μεγάλη Βρετανία και οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής (Natarajan & Chunawala, 2009; Ding, 2009).

5.3 Λόγοι Ορισμού του STEM ως Ολοκληρωμένου Προγράμματος Σπουδών

Το **STEM** έχει αρχίσει πλέον να μεταφράζεται ως ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα σπουδών, το οποίο όμως δεν έχει επαρκώς ξεκαθαρισμένους άξονες. Αυτό θα πρέπει να χτυπήσει προειδοποιητικές καμπάνες για τους εκπαιδευτικούς της τεχνολογικής εκπαίδευσης για διάφορους λόγους, τους οποίους θα προσπαθήσουμε να παρουσιάσουμε παρακάτω.

5.3.1 Αδιαφιλονίκητο Πρόγραμμα Σπουδών

Η ακαμψία και ανθεκτικότητα της δομής του σχολικού προγράμματος δεν πρέπει να υποτιμάται όταν προτείνεται μία καινούρια ρηξικέλευθη μεταρρύθμιση. Στην πραγματικότητα μια σύγκριση μεταξύ των πρώτων ημερών της θεσμοθετημένης εκπαίδευσης με την τρέχουσα σχολική και ακαδημαϊκή εκπαίδευση αποκαλύπτει μια εξαιρετικά ανθεκτική δομή των αναγνωρισμένων επιστημονικών κλάδων. Παρά τις έγκυρες εκκλήσεις για μεταρρύθμιση η δομή του σχολικού προγράμματος παραμένει σε μεγάλο βαθμό αμετάβλητη, και αυτό δεν συμβαίνει για ευκαιριακούς λόγους. Πάνω σε αυτό μπορούμε να δούμε το παράδειγμα της Αυστραλίας, η οποία έχει αναπτύξει ένα ενιαίο εκπαιδευτικό πρόγραμμα σπουδών μέσα από την συγχώνευση πέντε διαφορετικών εκπαιδευτικών συστημάτων από την ίδρυση της Αυστραλιανής Ομοσπονδίας το 1901 (Williams, 1996).

Αυτή είναι η ιδανική ευκαιρία για καινοτομία και αναζωογόνηση του εκπαιδευτικού συστήματος το οποίο θα αντικαταστήσει το συντηρητικό και παραδοσιακό σύστημα. Παρά τις εκατοντάδες χιλιάδες των καλά μορφωμένων ανθρώπων που περνούν την ζωή τους γύρω από την επινοήση τρόπων και μεθόδων Παιδαγωγικής που αφορούν τη ζωή και την εξέλιξη των μαθητών μέσα στο σχολείο, έχει παρατηρηθεί έπειτα από μελέτες ότι το ενδιαφέρον των μαθητών εναποτίθεται σχετικά με ότι συμβαίνει εκτός σχολείου. Δεδομένης της κοινής διεθνούς αλλοτρίωσης των μαθητών από την στάσιμη και τυπική εκπαίδευση αποτελεί πλέον έκπληξη το γεγονός ότι δεν υπάρχουν πολλές εναλλακτικές προσεγγίσεις στην τυπική εκπαίδευση. Οι Venville, Wallace, Rennie και Malone (2002) εξέτασαν το θέμα και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι υπάρχουν πολλοί παράγοντες οι οποίοι δημιουργούν εναντιώσεις στις αλλαγές των παραδοσιακών σχολικών δομών και προγραμμάτων οι οποίοι οφείλονται κυρίως στην αξιολόγηση των μαθητών, στην γονική παραίνεση για παραμονή στα παραδοσιακά πρότυπα και τέλος στα σχολικά εγχειρίδια και στους σχολικούς οδηγούς σπουδών οι οποίοι έχουν αφομοιωθεί από το εκπαιδευτικό προσωπικό σε βαθμό που να είναι πλέον σχεδόν αναντικατάστατοι.

Για να αλλάξει το υπάρχον σύστημα θα απαιτηθεί μία ριζοσπαστική προσέγγιση του προγράμματος σπουδών τόσο της Τεχνολογικής όσο και της Γενικής εκπαίδευσης, η οποία θα πρέπει να αφαιρέσει όλα τα απαρχαιωμένα συστατικά της εκπαίδευσης και στην θέση τους να τοποθετήσει μία ακολουθία δραστηριοτήτων μάθησης που θα αντιπροσωπεύουν μια προσέγγιση για την επίτευξη των βασικών δεξιοτήτων και γνώσεων της Φυσικής, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών. Η γενικότερη υποστήριξη για μια προσέγγιση βάση του STEM στον σχεδιασμό του προγράμματος σπουδών πρέπει να προχωρήσει με την προϋπόθεση ότι τα προγράμματα σπουδών των σχολικών δομών είναι πολύ ανθεκτικά στις αλλαγές.

5.3.2 Σαφήνεια

Τα εθνικά εκπαιδευτικά προγράμματα που έχουν συσταθεί στο Ηνωμένο Βασίλειο, τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και τη Νότια Αφρική έχουν αρχίσει να συντονίζονται με τις δραστηριότητες του STEM. Ειδικότερα στις δύο πρώτες χώρες έχει παρατηρηθεί, έπειτα από σχετικές έρευνες, ότι υπήρξε ιδιαίτερα σημαντική στήριξη από την κρατική μηχανή η οποία όμως ήταν στηριζόμενη σε μία μη συντονισμένη προσέγγιση. Έτσι, μέρος της μεγάλης εθνικής ανταπόκρισης τους υπήρξε ο συντονισμός των υφιστάμενων δραστηριοτήτων (Department for Education and Skills, 2006).

Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής αυτό αποδεικνύεται από τον αριθμό των συνεργασιών υψηλού προφίλ το οποίο περιλαμβάνει την συμμετοχή κορυφαίων επιχειρήσεων, ιδρυμάτων, μη κερδοσκοπικών οργανισμών και οργανισμών που ασχολούνται με τους τομείς των

επιστημών και της τεχνολογίας. Μικρή ασάφεια όμως υπάρχει αναφορικά με την συντονισμένη προσέγγιση στην σχολική διδακτέα ύλη.

Διάφοροι ειδικοί κρατούν γενικότερα επιφυλακτική στάση απέναντι στις μεθόδους εκπαίδευσης που αφορούν τους τομείς του STEM. Θεωρούν ότι εάν πραγματοποιήσουμε μια πιο προσεκτική εξέταση πάνω στις πρακτικές αυτές θα παρατηρήσουμε ότι εμφανίζονται ύποπτες απέναντι στο status quo των εκπαιδευτικών πρακτικών που έχουν επικρατήσει τον τελευταίο αιώνα. Εν αναμονή της απόδειξης για το αντίθετο οι ειδικοί μέχρι τώρα βλέπουν τις πρακτικές του STEM καθαρά σαν μια άλλη επαγγελματική δραστηριότητα που σκοπό έχει την αποκοπή των επιστημών αυτών από τα σχολεία (Sanders, 2009).

Ο σκεπτικισμός αυτός των ειδικών ενισχύεται από την εξέταση των διαφόρων δραστηριοτήτων που έχουν αναπτυχθεί ειδικά για καθηγητές και είναι διαθέσιμες στο διαδίκτυο, με σκοπό να ενισχύσουν και να βοηθήσουν τους εκπαιδευτικούς που θέλουν να εφαρμόσουν δραστηριότητες STEM, όπως για παράδειγμα ο ιστόχωρος "www.stemtransitions.org". Οι δραστηριότητες αυτές δεν ενσωματώνουν τελικά το σύνολο των επιστημονικών πεδίων αλλά προσφέρουν μερικά κομμάτια από το καθένα, παρέχοντας έτσι περιορισμένο πεδίο βοήθειας στους εκπαιδευτικούς που θέλουν να πραγματοποιήσουν μια πιο εμπειριστατωμένη προσέγγιση αναφορικά με την εφαρμογή των εφαρμογών του STEM στην τεχνική εκπαίδευση. Επιπλέον αρκετοί ειδικοί θεωρούν ότι η προσέγγιση του STEM ενδεχομένως να είναι προβληματική και γεμάτη ασάφειες. Το τοπίο σχετικά με τον ορισμό των πρακτικών STEM και το πώς μπορούν να εφαρμοστούν στα εκπαιδευτικά ιδρύματα είναι αρκετά θολό. Υπάρχει μία γενικότερη αντίληψη σχετικά με το εάν θα πρέπει να διδάσκονται οι πρακτικές αυτές σαν μεμονωμένο αντικείμενο ή θα πρέπει να αποτελούν μία προσέγγιση για το πώς θα πρέπει να διδάσκονται τα επιστημονικά πεδία (Sanders 2009; Pitt 2009).

Ακόμη και αν ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα σπουδών ήταν δυνατό, είναι απίθανο να περιμένει κανείς μια τέτοια προσέγγιση να είναι επιτυχής σε σύντομο χρονικό διάστημα σε σχολεία Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης κυρίως λόγω των επιπλοκών που θα προκύψουν από την στελέχωση των εκπαιδευτικών που θα κληθούν να εφαρμόσουν αυτές τις πρακτικές. Όπως γνωρίσουμε από την Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, οι εκπαιδευτικοί καλούνται να διδάξουν όλα τα θέματα σε μια μόνο τάξη και επομένως μια τέτοια προσέγγιση δεν θα είναι ιδιαίτερα ριζοσπαστική σε αυτό το επίπεδο. Σε ατομικό πλέον επίπεδο οι καθηγητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης δεν θα είναι σε θέση να αναπτύξουν την ανάλογη τεχνολογία γύρω από όλα τα επιστημονικά πεδία και τις θεματικές ενότητες του STEM με αποτέλεσμα να μην έχουν την δυνατότητα παροχής ολοκληρωμένης προσέγγισης. Επομένως φαίνεται ξεκάθαρα ότι θα πρέπει να γίνει εισαγωγή ενός συστήματος ομαδικής διδασκαλίας το οποίο θα συνοδεύεται και από την ανάλογη σχολική οργάνωση και τα ανάλογα χρονοδιαγράμματα, ενώ παράλληλα θα πρέπει και οι καθηγητές να εκπαιδευτούν σε αυτόν τον τύπο εκπαιδευτικής προσέγγισης.

Αναφορικά με την προσέγγιση της ομαδικής διδασκαλίας μπορούμε να εξετάσουμε το παράδειγμα της Δυτικής Αυστραλίας όπου όταν το θέμα των σπουδών που αφορούσαν την Μηχανική εισήχθη για πρώτη στο πρόγραμμα σπουδών, στην αρχική ενημέρωση παραβρέθηκαν εκπαιδευτικοί τόσο από την επιστήμη της φυσικής όσο και από την επιστήμη της μηχανολογίας και των τεχνολογικών εφαρμογών σε περίπου ίσες αναλογίες. Όπως καταλαβαίνουμε οι εκπαιδευτικοί των φυσικών επιστημών κατείχαν την γνώση της Φυσικής, ενώ οι εκπαιδευτικοί των τεχνολογικών και μηχανολογικών εφαρμογών κατείχαν τις γνώσεις της Μηχανικής. Ωστόσο, με την ολοκλήρωση της φάσης υλοποίησης, παρατηρήθηκε ότι οι καθηγητές της Φυσικής δεν ασχολήθηκαν καθόλου με θέματα τα οποία είχαν διδάξει οι καθηγητές της μηχανολογίας. Οι δυσκολίες της κατανομής των πόρων και το σχολικό χρονοδιάγραμμα δημιούργησαν ένα ανυπέρβλητο εμπόδιο για την ενεργοποίηση μιας τέτοιας συνεργασίας.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να ξεκινήσει η οριστικοποίηση του τι είναι ακριβώς το STEM. Μέχρι στιγμής αναφερόμαστε σε αυτό σαν μια αφαιρετική ιδέα η οποία όπως παρατηρήσαμε έχει αρκετά προβλήματα στην εφαρμογή της. Μπορεί ο κάθε τομέας του STEM να είναι πλήρως ορισμένος όμως μία συνολική προσέγγισή και των τεσσάρων τομέων μαζί δεν έχει δοκιμαστεί. Επομένως θα πρέπει να πραγματοποιηθεί ένας ορισμός για το αμάλγαμα των επιστημών που

ορίζει το STEM ούτως ώστε να μπορέσει να δημιουργηθεί και το αντίστοιχο εκπαιδευτικό και ακαδημαϊκό πρόγραμμα (Seemann & Talbot, 1995).

Ένας τέτοιος ορισμός έχει αρχικά προταθεί από το Sesame Street's Early STEM Literacy Initiative (Sesame Workshop, 2009), και αφορούσε την επιστήμη των μαθηματικών και το πώς αυτή συνδέεται με την κατανόηση του φυσικού κόσμου. Όπως παρατηρούμε όμως από αυτή την προσέγγιση απουσιάζουν οι τομείς της Μηχανολογίας και της Τεχνολογίας. Έτσι προς το παρόν δεν φαίνεται να υπάρχει μία σαφήνεια αναφορικά με το πώς θα μοιάζει ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα STEM που θα έχει άμεση εφαρμογή στα σχολεία και θα συνδέει και τα τέσσερα επιστημονικά πεδία, πέραν του γεγονότος ότι η Τεχνολογία γενικότερα αντιπροσωπεύει ένα εργαλείο για την επίτευξη των στόχων της Φυσικής και των Μαθηματικών.

5.3.3 Επαγγελματική και Γενική Εκπαίδευση

Υπάρχει μια σαφής επαγγελματική προσέγγιση στο STEM, που σχετίζεται κυρίως με την Φυσική και την Μηχανολογία. Σημαντικό παράδειγμα αποτελεί το Ηνωμένο Βασίλειο, το οποίο έχει επικεντρωθεί στην αναβάθμιση των πρακτικών που αφορούν τις πρακτικές STEM κυρίως στους τομείς της Μηχανολογίας και αυτό γίνεται περισσότερο διότι υπάρχει μία αθρόα προσέλευση μηχανικών, μηχανολόγων και παρεμφερών ειδικοτήτων από την Ινδία, ενώ στο Ηνωμένο Βασίλειο παρατηρείται μια σημαντική μείωση αποφοίτων (Barlex, 2007). Έτσι αναπτύχθηκε το ακόλουθο σχέδιο που ονομάζεται Lead the Way (2005) το οποίο ακολουθεί μία προσέγγιση γύρω από τις πρακτικές του STEM και έχει ως κύριο στόχο του την προετοιμασία των μαθητών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης σε μαθήματα πανεπιστημιακού επιπέδου γύρω από τον τομέα της Μηχανολογίας επίσης, ένας αρκετά μεγάλος αριθμός ερευνητών γύρω από θέματα Μηχανολογικής φύσεως βλέπουν τις πρακτικές της εκπαίδευσης STEM ως ένα μονοπάτι που μπορεί να οδηγήσει σε μία επιτυχής καριέρα στον τομέα της Μηχανολογίας (Dearing and Daugherty, 2004; Wicklein, 2006).

Στο πλαίσιο αυτό, έχουν αρχίσει να εγείρονται ερωτήματα αναφορικά με το εάν θα πρέπει να εκτίθενται όλοι οι μαθητές σε πρακτικές STEM από την στιγμή που αρκετοί από αυτούς δεν θα ακολουθήσουν μία ανάλογη επαγγελματική κατεύθυνση γύρω από τους επιστημονικούς τομείς που αντιπροσωπεύουν οι πρακτικές αυτές. Στον αντίποδα, όμως, αυτών των ερωτημάτων υπάρχουν μελέτες που αποδεικνύουν ότι οι πρακτικές STEM ως συστατικό της Γενικής Εκπαίδευσης βελτιώνουν το γενικότερο επίπεδο κατανόησης των επιστημών αυτών στον πληθυσμό (Pitt, 2009).

Στο σημείο αυτό μπορούμε να αναφέρουμε ότι οι διαδικασίες και οι γνώσεις που αφορούν τους τομείς της Τεχνολογικής και την Μηχανολογικής εκπαίδευσης είναι αρκετά διαφορετικοί καθώς η Τεχνολογική εκπαίδευση αφορά περισσότερο την Γενική Εκπαίδευση ενώ η Μηχανολογική προσεγγίζει περισσότερο μία συγκεκριμένη ειδικότητα και κλείνει προς τον επαγγελματικό προσανατολισμό. Επομένως μπορούμε να πούμε ότι η Τεχνολογική Εκπαίδευση αφορά στο πρόγραμμα σπουδών της Πρωτοβάθμιας και της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, ενώ η Μηχανολογική Εκπαίδευση αποτελεί κομμάτι της Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Θα πρέπει επομένως οι καθηγητές να είναι ιδιαίτερος προσεκτικοί στην ανάπτυξη προγραμμάτων διδασκαλίας τα οποία δεν είναι συμβατά καθώς όπως φαίνεται οι προσεγγίσεις STEM εμπεριέχουν τόσο την επαγγελματική προσέγγιση όσο και αυτή της Γενικής Εκπαίδευσης.

5.3.4 Ευθυγράμμιση

Το σκεπτικό για την ευθυγράμμιση της τεχνολογίας με τα επιστημονικά πεδία της φυσικής και των μαθηματικών δεν φαίνεται να έχει ισχυρές κατευθυντήριες γραμμές αναφορικά με την υπάρχουσα προσέγγιση γύρω από το STEM. Στην ευθυγράμμιση της τεχνολογίας με την εφαρμοσμένη μηχανική υπάρχει ένας σαφής σύνδεσμος, καθώς η μηχανική είναι ένα υποσύνολο της ευρύτερης περιοχής της τεχνολογίας. Σε αυτό το σημείο μπορεί εύκολα να τεθεί υπό αμφισβήτηση το γεγονός ότι μόνο ο τομέας της μηχανικής φαίνεται να έχει άμεση σύνδεση με την τεχνολογία και όχι άλλοι τομείς όπως η αρχιτεκτονική, η βιοτεχνολογία ή οι τεχνολογίες που αφορούν τις επικοινωνίες. Με αυτήν όμως την άμεση ευθυγράμμιση το σχολικό πρόγραμμα φαίνεται να έχει μία συγκεκριμένη

μόνο κατεύθυνση που να αφορά κυρίως την αύξηση των μαθητών που θα έχουν την δυνατότητα να μπορούν να παρακολουθήσουν στην συνέχεια της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης τους σπουδές που θα αφορούν τις μηχανολογικές εφαρμογές. Επομένως ο κίνδυνος αυτής της άμεσης ευθυγράμμισης των δύο αυτών επιστημονικών πεδίων αναφορικά με την ανάπτυξη των υπόλοιπων επιστημονικών πεδίων είναι πλέον ορατός. Οι μαθητές θα προσανατολίζονται μόνο προς την κατεύθυνση που θα ορίζει η παραπάνω ευθυγράμμιση, ενώ παράλληλα δεν θα έχουν τις αναγκαίες γνώσεις γύρω από επιστημονικά πεδία τα οποία αποτελούν και αυτά υποσύνολα του τομέα της Τεχνολογίας. Επομένως θα πρέπει να δοθεί μια ιδιαίτερη προσοχή στην διαμόρφωση του εκπαιδευτικού προγράμματος και της διδακτέας ύλης ούτως ώστε να μην δημιουργηθούν εμπόδια και για τα υπόλοιπα επιστημονικά πεδία που σχετίζονται με την Τεχνολογία, πέραν της μηχανικής, και οι μαθητές να έχουν την δυνατότητα να ανακαλύψουν τον τρόπο με τον οποίο επιστημονικές περιοχές των τεχνών, των κοινωνικών επιστημών μπορούν να αποτελέσουν εξίσου υποσύνολο του ευρύτερου τομέα της Τεχνολογίας (Katehi, Pearson & Feder, 2009).

5.3.5 Επιστημολογία

Τα επιστημονικά πεδία που συντάσσουν το STEM βασίζονται το καθένα ξεχωριστά σε διαφορετικές επιστημονικές αρχές και παραδοχές. Η Φυσική επιδιώκει να αναπτύξει την κατανόηση του φυσικού κόσμου μέσα από τη δοκιμή και την γενίκευση των υποθέσεων, και να αναπτύξει στους μαθητές ένα σύνολο προκαθορισμένων πεπειθήσεων σχετικά με το φυσικό τους περιβάλλον. Η Τεχνολογία επιδιώκει να αναπτύξει νέες γνώσεις σχετικά με την κατασκευή διαφόρων πραγμάτων μέσα από μια προσέγγιση, η οποία εμπεριέχει τα στοιχεία της δοκιμής και του λάθους. Η σημασία της τεχνολογικής γνώσης σε ένα πρόβλημα ή σχεδιασμό ορίζεται από τη φύση του προβλήματος. Η πληροφορία που χρειάζεται για να προχωρήσει η επίλυση ενός τεχνολογικού προβλήματος αποτελεί το σώμα της σχετικής γνώσης, η οποία φυσικά δεν μπορεί να οριστεί πριν από την ανάλυση του προβλήματος. Αυτό, συνεπώς, καθορίζει επίσης το συνοδευτικό παιδαγωγικό περιεχόμενο το οποίο δεν μπορεί να διδαχθεί με την απουσία σχεδιασμού του προβλήματος. Το πρόβλημα του σχεδιασμού αναλύεται και παρουσιάζονται πιθανές λύσεις ενώ στην συνέχεια η αναζήτηση της κατάλληλης λύσης καθορίζει και το γνωστικό κομμάτι που είναι απαραίτητο για την επίτευξή της.

Οι γνώσεις που απαιτούνται για την επίλυση ενός προβλήματος μηχανικής είναι προκαθορισμένες από ένα συγκεκριμένο πλαίσιο, είτε πρόκειται για πρόβλημα που αφορά τον χημικό τομέα, τον θαλάσσιο τομέα ή ακόμα και την αυτοκινητοβιομηχανία. Επειδή το πλαίσιο αυτό καθορίζει τις σχετικές γνώσεις, δεν εξαρτάται από τη φύση του προβλήματος, με αποτέλεσμα ο μαθητής να μελετά ξεχωριστά γνωστικά αντικείμενα όσον αφορά την Τεχνολογία και την Μηχανική. Αυτό δεν πρόκειται να πει ότι η Τεχνολογία είναι αποκομμένη, αλλά ότι είναι λιγότερο συσχετισμένη αναφορικά με ένα συγκεκριμένο σκελετό γνώσης σε αντίθεση με την Μηχανική. Από τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε ότι υπάρχει μικρότερο περιθώριο για την μαθητή να διερευνήσει και, κατά συνέπεια, να καθορίσει τις σχετικές γνώσεις του στον τομέα της Μηχανικής.

Επομένως φαίνεται να είναι λίγο ασαφείς οι ομοιότητες, οι διαφορές και οι σχέσεις μεταξύ των επιστημονικών πεδίων που αφορούν το STEM ως πεδία που αφορούν την σχολική εκπαίδευση. Το ακρωνύμιο STEM είναι ελαφρώς συγκεχυμένο. Η Μηχανική έχει ένα διαφορετικό είδος σχέσης με την Τεχνολογία από ό, τι η Φυσική και τα Μαθηματικά. Ενδεχομένως ένα πιο ορθό ακρωνύμιο να είναι το STM επειδή η Μηχανική είναι στην πραγματικότητα ένα υποσύνολο του ευρύτερου τομέα της Τεχνολογίας (Williams, 2011).

5.4 Στόχοι της Εκπαιδευτικής Πολιτικής του STEM

Η εξέταση των στόχων που σχετίζονται με την εκμάθηση των σπουδαστών αναφορικά με τα επιστημονικά πεδία του STEM περιλαμβάνει την βελτίωση των επιδόσεων τους στους τομείς της Φυσικής, τη βελτίωση των επιδόσεων τους στα Μαθηματικά, την βελτίωση τους σε θέματα Τεχνολογίας και τέλος την βελτίωση τους σε θέματα Μηχανολογίας (Rogers, 2005). Στα πλαίσια αυτά υπάρχουν αρκετές αποδείξεις ότι οι παραπάνω στόχοι είναι επιτεύξιμοι, μιας και από έρευνες έχει διαπιστωθεί ότι υπάρχει μεγάλη βελτίωση των μαθητών στα Μαθηματικά όταν αυτά

διδάσκονται σε ένα τεχνολογικό πλαίσιο. Παρόλα αυτά μελέτες έχουν αποδείξει ότι αυτή η βελτίωση αυτή δεν είναι πάντα εφικτή. Μερικοί από τους λόγους για τους οποίους δεν είναι εφικτή μία ορθή προσέγγιση της διδασκαλίας των Μαθηματικών και της Φυσικής σε ένα πιο τεχνολογικό πλαίσιο παρουσιάζονται παρακάτω :

- οι εκπαιδευτικοί δεν έχουν κατανοήσει την πολυπλοκότητα της σχέσης μεταξύ Φυσικής και Τεχνολογίας και λειτουργούν υποθέτοντας ότι ο τομέας της Τεχνολογίας είναι μια απλή εφαρμογή της Φυσικής.
- οι μαθητές δεν ήταν σε θέση να μεταφέρουν τη γνώση τους από την Φυσική στην εφαρμοσμένη τεχνολογική κατεύθυνση.
- οι εκπαιδευτικοί δεν έχουν αποκτήσει βαθιά κατανόηση της διαδικασίας σχεδιασμού της διδασκαλίας και προσπαθούν να εφαρμόσουν έναν γραμμικό τρόπο με τον οποίο δεν αντιμετωπίζουν σωστά το πρόβλημα που ερευνούν κάθε φορά (Sidawi, 2009).

Έρευνες έχουν δείξει ότι στην Τεχνολογική Εκπαίδευση είναι πλέον αναγκαία η χρήση της προσέγγισης του STEM με σκοπό να διατηρηθεί η θέση των πεδίων της Τεχνολογίας και της Μηχανικής στο εκπαιδευτικό πρόγραμμα. Ο διεθνής οργανισμός International Technology and Engineering Education Association (ITEEA) δημοσίευσε το 2009 άρθρο με τίτλο “The Overlooked STEM Imperatives: Technology and Engineering” (2009) στο οποίο αναφέρει αποσπασματικά τα οφέλη από την εφαρμογή της προσέγγισης του STEM στην εκπαίδευση. Μερικά από αυτά παρουσιάζονται παρακάτω:

- δημιουργεί μία ενεργητικότητα στο μαθησιακό περιβάλλον, αναζωογονεί το εκπαιδευτικό πρόγραμμα με ενδιαφέροντα γεγονότα από τον πραγματικό κόσμο.
- δημιουργεί την επιθυμία στους μαθητές να εξερευνήσουν, να διερευνήσουν και τέλος να κατανοήσουν τον κόσμο τους.
- οι μαθητές αναπτύσσουν αυτοπεποίθηση δεδομένου ότι εκπαιδεύονται μέσω ομάδων ενώ παράλληλα αναπτύσσουν και τις ατομικές τους ικανότητες.
- τα παιδιά γίνονται πιο ενθουσιασμένα και αποκτούν μια σιγουριά για τα Μαθηματικά και την Φυσική με την χρήση της τεχνολογίας, της καινοτομίας, του σχεδιασμού, και της μηχανικής πράγμα που έχει ως αποτέλεσμα να αποκτούν πλέον τα μαθήματα του σχολείου πιο μεγάλο ενδιαφέρον.
- η εκπαιδευτική προσέγγιση STEM αποτελεί το κλειδί για την Τεχνολογική Εκπαίδευση και μπορεί να τους βοηθήσει όλους.
- ενθαρρύνει τους μαθητές να σκέφτονται με ευελιξία και εμπιστοσύνη στον εαυτό τους.
- αυξάνει την σχετικότητα ανάμεσα στο σχολείο και τον πραγματικό κόσμο, ενώ παράλληλα μειώνει το ποσοστό εγκατάλειψης του σχολείου από τους μαθητές.

Επίσης, μια σειρά από συγγραφείς, έχει κρίνει ότι μια προσέγγιση STEM θα πρέπει να έχει τα παρακάτω θετικά στοιχεία αναφορικά με την εφαρμογή της στην εκπαιδευτική διαδικασία:

- Αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών με παράλληλη βελτίωση των ικανοτήτων τους και απόδειξη της χρησιμότητας των Μαθηματικών και της Φυσικής (Gattie & Wicklein, 2007).
- Βελτίωση της τεχνολογικής παιδείας (Rogers, 2005) η οποία προωθεί την οικονομική πρόοδο (Douglas, Iversen, & Kalyandurg, 2004,).
- Βελτίωση της ποιότητας των εμπειριών μάθησης των μαθητών (Rogers, 2005)
- Προετοιμασία των μαθητών για τα μηχανολογικά μαθήματα της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης (Project Lead the Way, 2005).
- Ανυψώνει την τεχνολογική εκπαίδευση σε υψηλό ακαδημαϊκό επίπεδο (Wicklein, 2006).
- Βελτιώνει την εκπαίδευση των πεδίων της Φυσικής και των Μαθηματικών αναπτύσσοντας την ροή κατάλληλα καταρτισμένων επαγγελματιών στους τεχνολογικούς τομείς (Barlex, 2008).

5.5 Προτεινόμενη εκπαιδευτική προσέγγιση στην Τεχνολογική Εκπαίδευση στα πρότυπα του STEM

5.5.1 Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια έχουν παρατηρηθεί σημαντικές ελλείψεις στην Τεχνολογική Εκπαίδευση. Έχει επισημανθεί από πολλούς ερευνητές ότι θα πρέπει να πραγματοποιηθεί μία ενδυνάμωση των βασικών παραμέτρων της εκπαίδευσης που αφορούν τα παρακάτω πλαίσια:

- Η διδασκαλία θα πρέπει να επικεντρωθεί περισσότερο στον 'πραγματικό κόσμο' των μηχανολογικών εξελίξεων, σχεδιασμών και υλοποιήσεων.
- Θα πρέπει να διδάσκεται εκπαιδευτική ύλη η οποία να καλύπτει ένα ευρύτερο φάσμα στο πεδίο της μηχανολογίας.
- Θα πρέπει να υπάρξει μία αναβάθμιση της ποιότητας της διδασκαλίας, η οποία θα αναπτύσσει σε μεγάλο βαθμό τις ικανότητες των σπουδαστών τόσο σε ατομικό επίπεδο όσο και σε ομαδικό.
- Θα πρέπει να παρέχεται εκπαίδευση αναφορικά με τις μεθόδους επίλυσης προβλημάτων ενώ παράλληλα θα πρέπει να ενισχύεται η κριτική σκέψη.
- Αποτέλεσμα της σωστής εκπαίδευσης να είναι η 'παραγωγή' αποφοίτων, οι οποίοι θα είναι εξοικειωμένοι με την μηχανολογική ηθική και την σύνδεση της τεχνολογίας με την κοινωνική διάρθρωση.
- Μείωση των ωρών του προγράμματος σπουδών ώστε να μπορεί ο σπουδαστής να ολοκληρώσει τις σπουδές του σε τέσσερα χρόνια (Rugarcia et al 2000).

Τα παραπάνω πλαίσια περιγράφουν μία εξιδανικευμένη κατάσταση στην Τεχνολογική εκπαίδευση, η οποία όμως δεν μπορεί να προσεγγιστεί με βάση τις ισχύουσες μεθόδους διδασκαλίας και πρακτικές που επικρατούν στον ελλαδικό χώρο τα τελευταία 50 χρόνια. Εάν τα μαθήματα επικεντρώνονται μονάχα σε μεμονωμένους μηχανολογικούς τομείς όπως για παράδειγμα η μετάδοση της θερμότητας, η θερμοδυναμική, η περιβαλλοντική μηχανολογία κ.α. θα χρειάζεται ένα πενταετές ή και εξαετές πρόγραμμα σπουδών για να μπορέσουν να αποφοιτήσουν σπουδαστές οι οποίοι να έχουν την επιθυμητή επάρκεια στις βασικές γνώσεις και να είναι εξοικειωμένοι με τις σύγχρονες μηχανολογικές εφαρμογές. Επιπλέον θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη βάση στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης των σπουδαστών, οι οποίοι με βάση αυτή θα έχουν την δυνατότητα να αντιμετωπίζουν διεπιστημονικά προβλήματα.

Η πραγματικότητα είναι ότι υπάρχουν καλύτερες μέθοδοι διδασκαλίας οι οποίες δεν έχουν εφαρμοστεί σε πλήρη ανάπτυξη στην Τεχνολογική Εκπαίδευση. Η Γενική Εκπαίδευση και η εκπαιδευτική ψυχολογία είναι γεμάτες με εκπαιδευτικές μεθόδους οι οποίες έχουν αποδειχτεί ότι διευκολύνουν την μάθηση σε μια πληθώρα επιπέδων και παρόλα αυτά δεν έχουν εφαρμοστεί σε επιτρεπτό βαθμό στην Τεχνολογική Εκπαίδευση. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να επισημάνουμε ότι η ανάπτυξη των υπολογιστών έχει παίξει σημαντικό ρόλο στην βελτίωση της Τεχνολογικής Εκπαίδευσης, ενώ μέσα από εφαρμογές προσομοίωσης πειραμάτων οι σπουδαστές έχουν την δυνατότητα να έρθουν σε επαφή με πειράματα που είναι σχετικά δύσκολο να εφαρμοστούν σε ένα κλασικό σχολικό ή πανεπιστημιακό εργαστήριο (Felder et al, 2000).

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναπτυχθεί μία εκπαιδευτική προσέγγιση της οποίας οι ανάλογες τεχνικές έχουν επιλεγεί ούτως ώστε να πληρούν σε μεγάλο βαθμό τα παρακάτω κριτήρια:

a) *Είναι σχετικές με την Τεχνολογική Εκπαίδευση.*

Πολλές καινοτόμες διδακτικές μέθοδοι έχουν αναπτυχθεί για μαθήματα που αφορούν την Γενική Εκπαίδευση και επικεντρώνονται στην ελεύθερη συζήτηση και την έκφραση των απόψεων των φοιτητών, με ελάχιστη δασκαλοκεντρική παρουσίαση και πληροφορίες. Εκτιμάται ότι η συμμετοχή των μαθητών είναι ζωτικής σημασίας για την αποτελεσματική μάθηση στην τάξη. Ωστόσο, μεγάλο μέρος του βασικού περιεχομένου των μαθημάτων τεχνολογικής κατεύθυνσης δεν είναι θέμα άποψης, διότι αφορούν θέματα που έχουν ντετερμινιστικές καταλήξεις.

b) *Μπορούν να εφαρμοστούν στα πλαίσια μιας κανονικής τάξης.*

Μια εκπαιδευτική προσέγγιση που βασίζεται εξ ολοκλήρου στην διδασκαλία με την χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή μπορεί να είναι εξαιρετικά αποτελεσματική, παρόλα αυτά όμως αποτελεί μια πολύ εξεζητημένη προσέγγιση. Οι τεχνικές που θα περιγράψουμε μπορούν να

υλοποιηθούν σε κανονικές αίθουσες διδασκαλίας και εργαστήρια χωρίς εργαλεία ή συσκευές πέρα από αυτά που συνήθως είναι διαθέσιμα σε όλους τους εκπαιδευτικούς της Τεχνολογικής Εκπαίδευσης.

c) *Οι περισσότεροι καθηγητές Τεχνολογικής Εκπαίδευσης θα πρέπει να αισθάνονται εξοικειωμένοι με τις τεχνικές αυτές μετά από μία σύντομη εφαρμογή τους.*

Είναι νοητό, για παράδειγμα, ότι η εφαρμογή ενός πειράματος με ένα αντιδραστικό αέριο θα διδάξει περισσότερα στους μαθητές για τη δυναμική συμπεριφορά ενός συγκεκριμένου συστήματος από ό, τι θα ήταν μια τυπική διάλεξη. Αρκετοί εκπαιδευτικοί μπορούν να φέρουν σε πέρας ένα τέτοιο πείραμα, όμως υπάρχουν και μερικοί που δεν έχουν τέτοια δυνατότητα. Επομένως θα αναφερθούμε σε τεχνικές που περικλείουν ένα γενικότερο εκπαιδευτικό πλαίσιο.

d) *Ακολουθούν τις σύγχρονες θεωρίες μάθησης, ενώ παράλληλα έχουν δοκιμαστεί από αρκετούς εκπαιδευτικούς και έχουν αποδειχτεί αποτελεσματικές.*

Η βιβλιογραφία είναι γεμάτη από άρθρα εκπαιδευτικών που έχουν δοκιμάσει νέες μεθόδους και έχουν αναφέρει τα σχετικά αποτελέσματα εφαρμογής τους. Οι τεχνικές που θα παρουσιαστούν παρακάτω έχουν αποδεδειγμένα αποτελέσματα τα οποία έχουν ως σημείο αναφοράς την εκπαιδευτική ψυχολογία, ενώ παράλληλα έχουν εφαρμοστεί στην Τεχνολογική Εκπαίδευση από διάφορους ερευνητές (McKeachie, 1999; Wankat & Oreovicz, 1993; Stice, 1987).

Οι εκπαιδευτικές τεχνικές που θα παρουσιάσουμε παρακάτω αναφέρονται στα εξής επτά κύρια θέματα:

1. Διατύπωση σαφών εκπαιδευτικών στόχων.
2. Καθιέρωση συνάφειας του υλικού του μαθήματος με προηγούμενες γνώσεις και επαγωγική εκπαίδευση.
3. Εξισορρόπηση βασικών και αποσπασματικών πληροφοριών σε κάθε μάθημα .
4. Προώθηση της ενεργητικής μάθησης στην τάξη.
5. Χρήση της συνεργατικής μάθησης.
6. Χρήση απαιτητικών αλλά δίκαιων εξετάσεων.
7. Εκδήλωση ενδιαφέροντος και ανησυχίας αναφορικά με την πρόοδο των μαθητών

5.5.2 Διατύπωση σαφών εκπαιδευτικών στόχων

Οι εκπαιδευτικοί στόχοι αποτελούν δηλώσεις αναφορικά με το τι πρέπει να μπορούν να κάνουν οι μαθητές για να επιδείξουν ότι έχουν κατακτήσει την ανάλογη γνώση. Ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να έχει υποδηλώσει από την αρχή της σχετικές κατευθυντήριες που θα ακολουθήσουν οι μαθητές. Αυτό μπορεί να υποδηλωθεί με φράσεις που ξεκινούν συνήθως με ένα ρήμα όπως μπορούμε να δούμε και στο παρακάτω παράδειγμα: *“Όταν το κεφάλαιο ολοκληρωθεί, ο μαθητής θα πρέπει να μπορεί να καθορίσει τις μεταβλητές της καταστατικής εξίσωσης των αερίων, να μπορεί να υπολογίσει τρεις από τις μεταβλητές δεδομένων άλλων μεταβλητών, να μπορεί να εκτιμήσει το λάθος των υπολογισμών και τέλος να μπορεί να σκιαγραφήσει την ιδανική εξίσωση των αερίων με βάση την κινητική θεωρία των αερίων.”*

Η συμπεριφορά που καθορίζεται από έναν εκπαιδευτικό στόχο θα πρέπει να είναι πλήρως καθορισμένη από τον εκπαιδευτικό ενώ παράλληλα θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν ξεκάθαρη. Για τον λόγο αυτό ρήματα όπως *γνωρίζω, μαθαίνω, κατανοώ* και *εκτιμώ* είναι μη αποδεκτά. Αποτελούν φυσικά πολύ σημαντικούς στόχους, αλλά από την άλλη μεριά δεν είναι άμεσα παρατηρήσιμοι και ελεγχόμενοι. Για παράδειγμα, εάν ένας εκπαιδευτικός δηλώσει ότι στόχος του είναι οι μαθητές του να κατανοήσουν τον πρώτο νόμο της θερμοδυναμικής, μπορεί να ερωτηθεί πάνω σε αυτό κατά πόσο είναι σίγουρος ότι οι μαθητές όντως τον έχουν κατανοήσει. Στο επόμενο βήμα θα καθόριζε μία σειρά ενεργειών τις οποίες θα ζητούσε από τους μαθητές του για να του παρουσιάσουν, με απώτερο σκοπό να διαπιστωθεί το τι έχουν κατανοήσει μέχρι τώρα. Οι ενέργειες αυτές θα περιλαμβάνουν τους εκπαιδευτικούς στόχους που σχετίζονται με τον συγκεκριμένο σκοπό. Στην περίπτωση που ενδέχεται να υπάρξει αμφιβολία για το εάν ο εκπαιδευτικός στόχος έχει επιτευχθεί ή όχι, θα πρέπει να συμπεριληφθούν επιπλέον κριτήρια τα οποία θα μπορούν να μετρήσουν το αποτέλεσμα των ενεργειών.

Οι εκπαιδευτικοί στόχοι μπορεί να εμπλέκουν ικανότητες οι οποίες να καλύπτουν ένα ευρύτερο φάσμα πολυπλοκότητας και δυσκολίας. Στο σύγγραμμα “*Taxonomy of Educational Objectives*” ορίζεται μία ιεραρχία η οποία αποτελείται από τα παρακάτω έξι επίπεδα:

1. *Γνώση* – επανάληψη απομνημονευμένης πληροφορίας.
2. *Κατανόηση* – δυνατότητα ελεύθερης επεξήγησης.
3. *Εφαρμογή* – εφαρμογή των γνώσεων για την επίλυση προβλημάτων
4. *Ανάλυση* – επίλυση σύνθετων προβλημάτων, ανάπτυξη μοντελοποίησης και προσομοίωσης για την επίλυση τους.
5. *Σύνθεση* – σχεδιασμός πειραμάτων.
6. *Αξιολόγηση* – επιλογή διάφορες εναλλακτικές και επεξήγηση για την επιλογή αυτή, βελτιστοποίηση διαδικασιών.

Τα επίπεδα από το 1 έως το 3 είναι ευρέως γνωστά ως χαμηλού επιπέδου ικανότητες ενώ από τα επίπεδα από το 4 έως το 6 αποτελούν ικανότητες υψηλού επιπέδου. Επομένως μπορούμε να εύκολα να συμπεράνουμε ότι τα τρία πρώτα επίπεδα αφορούν απόφοιτους Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, ενώ τα τρία τελευταία αφορούν απόφοιτους Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης.

Εκπαιδευτική Σύσταση: Οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να αναπτύξουν εκπαιδευτικούς στόχους για ένα μάθημα ή για μία σειρά μαθημάτων οι οποίοι θα εμπεριέχουν ταυτόχρονα το στοιχείο της γνώσης και το επιθυμητό επίπεδο ανάπτυξης ικανοτήτων των μαθητών. Θα πρέπει οι εκπαιδευτικοί στόχοι να είναι όσο το δυνατόν ξεκάθαροι και απόλυτα ορισμένοι. Θα πρέπει να πραγματοποιούνται εργασίες στην τάξη, να δίδεται η ανάλογη εργασία για το σπίτι και τέλος να διεξάγονται εξετάσεις οι οποίες θα ακολουθούν με συνέπεια τους εκπαιδευτικούς στόχους. Τέλος θα πρέπει οι εκπαιδευτικοί στόχοι να δίνονται στους μαθητές σαν οδηγοί για μελέτη (Rugarcia et al, 2000).

5.5.3 Καθιέρωση συνάφειας του υλικού του μαθήματος με προηγούμενες γνώσεις και επαγωγική εκπαίδευση

Οι εκπαιδευτικοί της Τεχνολογικής Εκπαίδευσης συχνά ξεκινούν την παρουσίαση ενός καινούριου μαθήματος παρουσιάζοντας την καινούρια γνώση, χωρίς πρώτα να έχουν πραγματοποιήσει μία στοιχειώδη σύνθεση της με την προγενέστερη γνώση των μαθητών. Αδιαφορούν για την σύνδεσή της με τις εμπειρίες που έχουν συλλέξει οι μαθητές ενώ παράλληλα δεν παρουσιάζουν σε αυτούς τα οφέλη ή την χρησιμότητα της καινούριας γνώσης. Οι εκπαιδευτικοί αυτοί έχουν μία προσέγγιση η οποία υποδηλώνει ότι αυτό που διδάσκουν αυτή την στιγμή μπορεί να φαίνεται στους μαθητές ασήμαντο ή και άχρηστο, παρόλα αυτά οι μαθητές θα ανακαλύψουν την χρησιμότητα των γνώσεων που απέκτησαν μετά από ένα εύλογο χρονικό διάστημα.

Έχει παρατηρηθεί ότι οι μαθητές μελετούν και μαθαίνουν καλύτερα αυτά που νομίζουν ότι έχουν μία ιδιαίτερη αξία και είναι απαραίτητα να τα γνωρίζουν προς όφελός τους. Δυστυχώς, όμως, τα εισαγωγικά μαθήματα της Τεχνολογικής Εκπαίδευσης διδάσκονται με την παραπάνω προσέγγιση και επομένως δεν διεγείρουν το ενδιαφέρον των μαθητών για μάθηση. Έτσι οι μαθητές παρουσιάζονται απαθείς σε αυτά τα μαθήματα και παρουσιάζουν και χαμηλές επιδόσεις.

Εκπαιδευτική Σύσταση: Οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να διδάσκουν το κάθε μάθημα και την κάθε ενότητα περιγράφοντας τα φυσικά ή τα χημικά φαινόμενα τα οποία θα μελετηθούν παρουσιάζοντας τα προβλήματα που χρήζουν επίλυσης μέσα από παραδείγματα τα οποία θα είναι οικία προς τους μαθητές. Θα πρέπει να συζητούν ρεαλιστικές καταστάσεις μέσα από τις οποίες οι μηχανολόγοι ή οι επιστήμονες θα κληθούν να χρησιμοποιήσουν την ανωτέρω κατανόηση των φαινομένων για την επίλυση προβλημάτων. Ένας προτεινόμενος τρόπος που μπορεί να γίνει κάτι τέτοιο είναι να χωριστεί αρχικά η τάξη σε ομάδες των τριών η τεσσάρων ατόμων οι οποίες θα παράγουν παραδείγματα αναφορικά με το αντικείμενο της εκάστοτε μελέτης. Στην συνέχεια αφού πραγματοποιηθεί η συλλογή των παραδειγμάτων από την κάθε ομάδα οι εκπαιδευτικοί μπορούν να διευρύνουν το ενδιαφέρον των μαθητών ζητώντας τους να δώσουν πιο πολύπλοκα και σύνθετα παραδείγματα του αντικειμένου ή του προβλήματος που πρόκειται να μελετήσουν στο συγκεκριμένο μάθημα ή στην συγκεκριμένη ενότητα. Τέλος, στην συνέχεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας, η ροή

των πληροφοριών μπορεί να ακολουθήσει την γενικότερη επιστημονική μέθοδο ανάπτυξης (McKeachie, 1999; Wankat & Oreovicz, 1993).

5.5.4 Εξισορρόπηση συγκεκριμένων και αφηρημένων πληροφοριών σε κάθε μάθημα

Η διδακτέα ύλη στην Τεχνολογική εκπαίδευση μπορεί να διαχωριστεί σε δύο βασικές κατηγορίες την *συγκεκριμένη*, η οποία αποτελείται από συγκεκριμένα γεγονότα, παρατηρήσεις, πειραματικά δεδομένα, εφαρμογές και στην *αφηρημένη*, η οποία αποτελείται από θεωρίες και μαθηματικά μοντέλα ή εξισώσεις. Τα περισσότερα μαθήματα της μηχανολογικής εκπαίδευσης περιέχουν μία πληθώρα διδακτέας ύλης από τα παραπάνω, όμως η ισορροπία της παροχής των πληροφοριών αυτών διαφέρει από μάθημα σε μάθημα ή ακόμα και από εκπαιδευτικό σε εκπαιδευτικό.

Τα τελευταία χρόνια η ισορροπία των δύο παραπάνω κατηγοριών έχει αρχίσει να κλείνει προς την αφηρημένη παροχή πληροφοριών. Τα παλαιότερα μαθήματα που αφορούσαν την εφαρμογή των μηχανολογικών διαδικασιών και των τεχνολογικών εφαρμογών έχουν αντικατασταθεί από μαθήματα που δίνουν μεγαλύτερη έμφαση στις μαθηματικές θεωρίες και στις βασικές επιστημονικές αρχές. Επομένως είναι πλέον αρκετά ξεκάθαρο ότι θα πρέπει να επανέλθει μία ισορροπία ανάμεσα στις παραπάνω κατηγορίες, η οποία θα μπορέσει να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα ότι μαθαίνουν σε θεωρητικό επίπεδο μέσα από την άμεση εφαρμογή του σε πρακτικό επίπεδο.

Εκπαιδευτική Σύσταση: Στην εκπαιδευτική σύσταση προτείνουμε ότι θα πρέπει να επιτευχθεί όσο το δυνατόν καλύτερα η ισορροπία ανάμεσα στο θεωρητικό και το πρακτικό μέρος του κάθε μαθήματος. Τα περισσότερα μαθήματα όπως αναφέραμε και παραπάνω έχουν αρχίσει να περιέχουν μεγαλύτερο θεωρητικό κομμάτι και επομένως η δυσκολία έγκειται στην ανάπτυξη επαρκούς πρακτικού μέρους που θα μπορεί πάνω απ' όλα να είναι ενδιαφέρον και να παρέχει επαρκείς γνώσεις στους μαθητές. Παρακάτω θα παρουσιάσουμε μερικές προτάσεις για να μπορέσει να επιτευχθεί η επιθυμητή εξισορρόπηση των δύο κατηγοριών:

- Θα πρέπει να γίνουν όλες οι ενέργειες που προτάθηκαν στην προηγούμενη Εκπαιδευτική Σύσταση.
- Θα πρέπει να γίνεται άμεση σύνδεση του θεωρητικού μέρους του μαθήματος με το πρακτικό, μέσα από παραδείγματα και εφαρμογές που υπάρχουν στον πραγματικό κόσμο.
- Θα πρέπει να γίνεται η χρήση αριθμών στις μαθηματικές εξισώσεις και όχι τόσο συμβόλων για να μπορέσουν να γίνονται πιο εύκολα κατανοητές ακόμα και από τους πιο αδύναμους μαθητές.
- Θα πρέπει να γίνεται και προβολή των διαφόρων εφαρμογών του πρακτικού μέρους του μαθήματος στους μαθητές. Μέσα από την παρουσίαση εικόνων ή και βίντεο δημιουργείται ένα επιπλέον κίνητρο για μάθηση στους μαθητές οι οποίοι μπορούν έτσι να έχουν μία πιο κοντινή επαφή με το τεχνολογικό αντικείμενο που μελετούν κάθε φορά.

Τέλος μπορούμε να αναφέρουμε ότι μία καλή πρακτική για την επίτευξη της επιθυμητής ισορροπίας ανάμεσα στο θεωρητικό και πρακτικό κομμάτι είναι η πιο άμεση εκπαιδευτική προσέγγιση. Κάθε φορά που θα γίνεται η εισαγωγή σε ένα καινούριο θεωρητικό κεφάλαιο θα πρέπει πρώτα να γίνεται η σύνδεση του με πρακτικές εφαρμογές και η παρουσίαση παραδειγμάτων από τον υπαρκτό κόσμο ενώ ακόμη καλύτερα εκπαιδευτικά αποτελέσματα θα έχει και μία πειραματική εφαρμογή (Felder, 1993, 1989, 1987).

5.5.5 Προώθηση της ενεργητικής μάθησης στην τάξη

Στην παραδοσιακή εκπαιδευτική προσέγγιση της Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης ο καθηγητής πραγματοποιεί μία διάλεξη και οι σπουδαστές προσπαθούν παθητικά να κατανοήσουν τα όσα αναφέρει ο καθηγητής στην διάλεξη. Μελέτες έχουν αποδείξει ότι με αυτό τον τρόπο παρουσίασης της γνώσης μπορεί να παρουσιαστούν μεγάλα κομμάτια τεκμηριωμένων πληροφοριών τα οποία όμως μπορεί να τα θυμούνται οι σπουδαστές για μικρό χρονικό διάστημα. Στην περίπτωση όμως που το εκπαιδευτικό μας αποτέλεσμα θέλουμε να είναι η ανάπτυξη της κριτικής ικανότητας των

σπουδαστών και η δημιουργία κινήτρων για μάθηση και περαιτέρω εξέλιξη, θα πρέπει να αποφεύγετε η απλή διάλεξη και να υπάρχει μία πιο ενεργή συμμετοχή των σπουδαστών στο μάθημα. Σκοπός είναι η συμμετοχή των σπουδαστών σε διάφορες δραστηριότητες χωρίς όμως να υπάρχει ο κίνδυνος παραμέλησης σημαντικών θεμάτων του μαθήματος ή ακόμα και αναστάτωση στην τάξη (Bonwell & Eison 1991; Sutherland & Bonwell, 1996).

Εκπαιδευτική Σύσταση: Στην εκπαιδευτική σύσταση προτείνουμε την δημιουργία μικρών ομάδων των σπουδαστών ανά τακτά χρονικά διαστήματα κατά την διδασκαλία ενός κεφαλαίου με απώτερο σκοπό την επίλυση ασκήσεων που θα έχουν διάρκεια από ένα έως τρία λεπτά. Οι ασκήσεις μπορούν ποικίλουν σε απάντηση ερωτήσεων που θέτει γενικότερα ο εκπαιδευτικός, στην επίλυση μικρών προβλημάτων ή ακόμα και σε απλή καταγραφή ιδεών και απόψεων πάνω σε ένα συγκεκριμένο θέμα. Μερικά τέτοια παραδείγματα παρουσιάζουμε παρακάτω:

- *Σχεδιάστε μια στρατηγική για την επίλυση του προβλήματος.*
- *Σχεδιάστε ένα διάγραμμα για την διαδικασία που μόλις παρουσιάσαμε.*
- *Σκεφτείτε όσες περισσότερες εφαρμογές από το θέμα που μελετάμε.*
- *Ξεκινήστε την επίλυση ενός προβλήματος και διαπιστώστε μέχρι που μπορείτε να φτάσετε μέσα σε δύο λεπτά.*
- *Ποιο μπορεί να είναι το επόμενο βήμα σε μία παραγωγική διαδικασία;*
- *Ολοκληρώστε τον παρακάτω υπολογισμό.*
- *Αποδείξτε ή επαληθεύστε τα αποτελέσματα των υπολογισμών σας.*
- *Υποθέστε ότι διεξάγεται ένα πείραμα του οποίου τα αποτελέσματα διαφέρουν από το θεωρητικό υπόβαθρο που έχετε διδαχθεί. Σκεφτείτε όσους περισσότερους λόγους μπορείτε για να υποδηλώσετε για ποιον λόγο έχει συμβεί κάτι τέτοιο.*
- *Τι ερωτήσεις έχετε για το υλικό το οποίο μελετάμε;*

Θα πρέπει να δίνεται περιορισμένος χρόνος στις ομάδες, ο οποίος όμως θα είναι αρκετός για τους σπουδαστές ούτως ώστε να σκεφτούν το πρόβλημα και να ξεκινήσουν να δίνουν κάποιες λύσεις χωρίς απαραίτητα να μπορούν να φτάσουν σε μία τελική επίλυση.

Θα πρέπει πάντα να έχουμε υπόψη μας ότι θα πρέπει να πραγματοποιούνται αλλαγές τόσο στις ομάδες όσο και στις ερωτήσεις που θα υποβάλλουν οι εκπαιδευτικοί για να μην εξελιχθούν οι παραπάνω ασκήσεις ανιαρές για τους μαθητές όπως μία κλασική διάλεξη. Σε ένα επόμενο βήμα μπορούν οι εκπαιδευτικοί να καλούν τους σπουδαστές να παρουσιάσουν τα αποτελέσματα της σύντομης έρευνας που πραγματοποίησαν στην υπόλοιπη τάξη, διασφαλίζοντας με αυτόν τον τρόπο την σίγουρη συμμετοχή των μαθητών στην διεξαγωγή της ενεργής εκπαιδευτικής προσέγγισης.

Έχει παρατηρηθεί ότι η εφαρμογή των μεθόδων της ενεργούς εκπαιδευτικής προσέγγισης στην τάξη κάνει το μάθημα πιο ευχάριστο τόσο για τους μαθητές όσο και για τους εκπαιδευτικούς. Ακόμη και οι πιο χαρισματικοί εκπαιδευτικοί αδυνατούν με την απλή προσέγγιση της διάλεξης να κρατούν αμείωτο το ενδιαφέρον των σπουδαστών για περίπου πενήντα λεπτά. Μετά από τα πρώτα λεπτά οι μαθητές χάνουν την προσοχή τους στον εκπαιδευτικό ενώ στο τέλος του μαθήματος έχουν κατακλυστεί από πλήξη. Μελέτες έχουν αποδείξει ότι οι σπουδαστές έχουν αφομοιώσει το 70% αυτών που έχουν διδαχθεί στα πρώτα δέκα με είκοσι λεπτά ενώ μόλις το 20% από αυτά που έχουν διδαχθεί στο τελευταίο δεκάλεπτο του μαθήματος. Εν τέλει μπορούμε να αναφέρουμε ότι η εφαρμογή της ενεργής εκπαιδευτικής προσέγγισης στην τάξη διαμορφώνει ένα τελείως διαφορετικό κλίμα μέσα σε αυτήν. Οι μαθητές αρχίζουν να μιλάνε μεταξύ τους ανταλλάσσοντας απόψεις και επιχειρήματα πάνω στο θέμα που μελετούν προάγοντας με αυτόν τον τρόπο και τα αισθήματα της συνεργασίας μεταξύ τους. Έχει παρατηρηθεί ότι ένα δεκάλεπτο τέτοιων δραστηριοτήτων είναι αρκετό για να μπορέσει να κρατηθεί αμείωτο το ενδιαφέρον των μαθητών μέχρι το τέλος της διάλεξης (Felder, 1987).

5.5.6 Χρήση της συνεργατικής μάθησης

Η εκπαιδευτική προσέγγιση της συνεργατικής μάθησης αναφέρεται στην εκπαιδευτική μέθοδο κατά την οποία οι σπουδαστές χωρίζονται σε ομάδες για να μελετήσουν ένα συγκεκριμένο θέμα ενώ παράλληλα θα πρέπει να είναι δομημένες με τέτοιο τρόπο ούτως ώστε να εμπεριέχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά (Johnson, Johnson & Smith, 1999):

1. **Θετική Ανεξαρτησία.** Θα πρέπει να έχει οριστεί με σαφήνεια το πεδίο μελέτης που θα διερευνήσει η κάθε ομάδα ξεχωριστά, το οποίο μάλιστα θα χρήζει την συμμετοχή όλων των μελών της ομάδας για την επίτευξη της επιθυμητής λύσης.
2. **Ατομική Ευθύνη.** Θα πρέπει ο κάθε σπουδαστής να είναι υπεύθυνος για το δικό του μάτι μελέτης ενώ παράλληλα θα πρέπει να έχει την δυνατότητα να κατανοεί και την εργασία των υπολοίπων μελών της ομάδας.
3. **Ομαδική Αλληλεπίδραση.** Παρόλο που κάποια κομμάτια για την επίτευξη της λύσης απαιτούν την ατομική εργασία του κάθε σπουδαστή, θα πρέπει να υπάρχει μία γενικότερη αλληλεπίδραση μεταξύ των μελών της ομάδας, ούτως ώστε να ανταλλάσουν απόψεις, ιδέες και επιχειρήματα αναφορικά με το αντικείμενο μελέτης τους.
4. **Κατάλληλη χρήση των διαπροσωπικών και ομαδικών δεξιοτήτων.** Οι μαθητές θα πρέπει να καθοδηγηθούν από τον εκπαιδευτικό ούτως ώστε να αναπτύξουν ικανότητες όπως η ηγεσία, η επικοινωνία, η επίλυση συγκρούσεων και η κατάλληλη διαχείριση του χρόνου.
5. **Τακτική αυτό-αξιολόγηση της ομαδικής λειτουργίας.** Η κάθε ομάδα θα πρέπει να έχει αναπτύξει την ικανότητα ελέγχου αναφορικά με το ποιά πεδία χρειάζονται βελτίωση στην συνολική λειτουργία της.

Οι εργασίες της συνεργατικής μάθησης μπορεί να διεξαχθούν είτε μέσα στην τάξη είτε έξω από αυτή. Τα συνήθη αντικείμενα μελέτης στην Τεχνολογική Εκπαίδευση αφορούν την διεξαγωγή εργαστηριακών πειραμάτων, τον σχεδιασμό έργων και την επίλυση ασκήσεων για το σπίτι.

Εκπαιδευτική Σύσταση: Η Εκπαιδευτική Σύσταση που προτείνουμε βασίζεται σε προτάσεις που έχουν κάνει διάφοροι ερευνητές (Felder & Brent 1994; Millis 1998; Cottell 1998) και παρουσιάζονται παρακάτω:

- **Εξηγήστε στους μαθητές τι κάνετε και γιατί το κάνετε.** Πολλές φορές η εφαρμογή της συνεργατικής μάθησής μπορεί να μην είναι ευπρόσδεκτη από όλους τους μαθητές. Πολλοί μαθητές μπορεί να θεωρήσουν την παραπάνω πρακτική ως ένα πείραμα του εκπαιδευτικού εις βάρος τους ενώ παράλληλα μπορούν να θεωρήσουν ότι ο εκπαιδευτικός δεν κάνει καλά την δουλειά του, η οποία κατά την άποψη τους θα πρέπει να περιορίζεται μόνο στην διάλεξη. Συνήθως είκοσι λεπτά στην αρχή κάθε κεφαλαίου είναι αρκετά για να εξηγήσουν οι εκπαιδευτικοί στους μαθητές τους λόγους για τους οποίους θα εφαρμόσουν την προσέγγιση της συνεργατικής εκπαίδευσης στην τάξη και τα οφέλη που θα αποκομίσουν από μία τέτοια προσέγγιση.
- **Δημιουργήστε ομάδες των τριών ή τεσσάρων ατόμων.** Έχει παρατηρηθεί ότι ομάδες με τον συγκεκριμένο αριθμό μελών παρουσιάζουν τα καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά τους σκοπούς της συνεργασίας τους.
- **Δημιουργήστε οι ίδιοι τις ομάδες.** Οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να δημιουργούν οι ίδιοι τις ομάδες ούτως ώστε να μην παρουσιάζονται φαινόμενα ομοιογένειας μεταξύ των ομάδων. Οι ομάδες θα πρέπει να είναι ανομοιογενής ούτως ώστε να μπορούν να συμμετέχουν όλοι οι μαθητές εξίσου στην επίλυση του προβλήματος.
- **Δημιουργήστε ανομοιογενής ομάδες αναφορικά με τις επιδόσεις των μαθητών.** Οι ομάδες θα πρέπει να είναι ανομοιογενής και να περιέχουν μαθητές διαφορετικών ικανοτήτων. Έτσι οι πιο αδύναμοι μαθητές επωφελούνται από την συνεργασία τους με τους πιο δυνατούς ενώ παράλληλα οι δυνατοί βελτιώνουν τις ηγετικές τους ικανότητες.
- **Αναθέστε διαφορετικούς ρόλους μέσα σε κάθε ομάδα, οι οποίοι θα είναι κυλιόμενοι κάθε φορά.** Οι κύριοι ρόλοι σε μια ομάδα είναι αυτοί του χειριστή, του ατόμου που θα καταγράψει την εργασία και τέλος του ατόμου που θα διορθώσει την εργασία.
- **Πρωθήστε την θετική αλληλεξάρτηση.** Αναθέστε ρόλους στην ομάδα. Δώστε επιβράβευση στην ομάδα που θα επιτύχει καλή απόδοση. Επιλέξτε κάθε φορά διαφορετικό σπουδαστή που θα παρουσιάζει την εργασία. Με όλα τα παραπάνω επιτυγχάνεται η θετική αλληλεπίδραση μεταξύ εκπαιδευτικού και σπουδαστών.
- **Πρωθήστε την ατομική ευθύνη.** Διεξάγεται ατομικά τεστ αξιολόγησης των σπουδαστών μέσα στην κάθε ομάδα. Επιλέξτε τυχαία κάθε φορά έναν σπουδαστή από την ομάδα για να πραγματοποιήσει την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της εργασίας τους.

- **Πρωθήστε την αυτό-αξιολόγηση κάθε ομάδας.** Περιοδικά αφιερώνστε χρόνο στην κάθε ομάδα για να αξιολογήσει η ίδια την συνολική της απόδοση μετά το πέρας μίας εργασίας.
- **Πραγματοποιήστε τεστ αξιολόγησης ανά δυάδες σπουδαστών ή ανά ομάδες.** Με αυτόν τον τρόπο οι σπουδαστές θα επιτύχουν μεγαλύτερη κατανόηση αναφορικά με την επίλυση όλων ασκήσεων της εργασίας που τους είχε ανατεθεί.
- **Μην αλλάζετε τις ομάδες τόσο συχνά.** Κάθε ομάδα θα πρέπει να μένει μαζί για περίπου ένα μήνα ούτως ώστε οι σπουδαστές να μπορέσουν να εξελιχθούν ομαλά μέσα από αυτή. Όταν οι μαθητές γνωρίζουν ότι θα παραμείνουν στην ίδια ομάδα για μικρό χρονικό διάστημα γενικότερα αδιαφορούν για τα τυχόν προβλήματα που μπορεί να προκύψουν κατά την συνεργασία τους. Όμως, όταν είναι αναγκασμένοι να παραμείνουν μαζί για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα έρχονται αντιμέτωποι με τα προβλήματα που προκύπτουν και αναζητούν τρόπους επίλυσης τους.
- **Να παρέχετε έναν μηχανισμό αποσύνθεσης των ομάδων που αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα συνεργασίας.** Στο μέσο περίπου του εξαμήνου ανακοινώστε ότι θα πραγματοποιήσετε ανασύνταξη των ομάδων εκτός από τις ομάδες εκείνες των οποίων τα μέλη θα αποστειλούν στον εκπαιδευτικό ειδικό σημείωμα σχετικά με τους λόγους που δεν επιθυμούν να ανασυσταθούν. Επίσης, θα πρέπει να αναπτυχθούν και μηχανισμοί που θα διαλύουν τις προβληματικές ομάδες και θα απομακρύνουν τους μη συνεργάσιμους σπουδαστές όταν κάθε άλλο μέσο προειδοποίησης έχει αποτύχει.
- **Να ενισχύεται την συνεργασία.** Μία καλή μέθοδος ενίσχυσης της συνεργασίας είναι η ατομική επίτευξη των μελών της ομάδας μίας δεδομένης βαθμολογίας η οποία θα είναι εν τέλει και η βαθμολογία της ομάδας. Έτσι θα ενισχυθεί η συνεργασία μεταξύ των δυνατών μελών της ομάδας με τους πιο αδύναμους σπουδαστές ούτως ώστε να επιτύχουν μαζί τον υψηλότερο δεδομένο βαθμό.

Ξεκινήστε από χαμηλά και αναπτύχθείτε. Όταν ο εκπαιδευτικός δεν έχει χρησιμοποιήσει ξανά την εκπαιδευτική μέθοδο της συνεργατικής μάθησης είναι καλό να ξεκινάει με μικρές ομάδες και μικρό βαθμό δημιουργίας τους και χρήσης της μεθόδου ούτως ώστε να αποκτήσει εμπιστοσύνη στην χρήση της μεθόδου καθώς επίσης και την κατάλληλη εμπειρία. Σε κάθε περίπτωση πάντως μπορεί να συμβουλευτεί και ανάλογα εγχειρίδια τα οποία θα του παρέχουν χρήσιμες συμβουλές για την παραπάνω εκπαιδευτική μέθοδο.

5.5.7 Χρήση απαιτητικών αλλά δίκαιων εξετάσεων

Παρόλο που θα ευχόμασταν να ήταν διαφορετικά, για πολλούς σπουδαστές οι εξετάσεις αποτελούν ένα σημαντικό λόγο για να μελετήσουν, ενώ παράλληλα τους δίνουν και το κατάλληλο κίνητρο. Οι μαθητές μπορεί να ολοκληρώνουν όλες τις εργασίες τους και να παρακολουθούν όλες τις διαλέξεις όμως είναι η διεξαγωγή των εξετάσεων είναι αυτή που καθορίζει το βάθος της γνώσης που έχουν αποκομίσει. Το βάρος όμως μεταφέρεται στον εκπαιδευτικό, ο οποίος θα πρέπει να δημιουργήσει τεστ τα οποία να είναι επαρκώς περιεκτικά και παράλληλα απαιτητικά ούτως ώστε να αναγκάσουν τους σπουδαστές να φτάσουν τον μέγιστο βαθμό γνώσης που μπορούν να αποκομίσουν από το μάθημα.

Αλλά καθώς τα τεστ μπορούν να παρακινήσουν τους σπουδαστές να αποκτήσουν μία πιο βαθιά γνώση του αντικειμένου που μελετούν κάθε φορά, από την άλλη μπορούν να δημιουργήσουν στους σπουδαστές μία εχθρικήτητα απέναντι στην μάθηση και τον εκπαιδευτικό. Τα τεστ που μπορούν να επιτύχουν κάτι τέτοιο είναι τεστ τα οποία κρατούν για μεγάλο χρονικό διάστημα ή τεστ τα οποία ενδέχεται να εμπεριέχουν εκπλήξεις για τους μαθητές και να ξεφεύγουν από το επίπεδο των γνώσεων που έχουν αποκτήσει μέσα από την διδασκαλία στην τάξη. Πολλοί σπουδαστές αντιμετωπίζουν συχνά πρόβλημα την χρονική διεξαγωγή των τεστ. Ενώ είναι αρκετά καλά προετοιμασμένοι στο τέλος δεν καταφέρνουν να πάρουν ένα καλό βαθμό διότι δεν προλαβαίνουν στον δεδομένο χρόνο να αναπτύξουν το επίπεδο της γνώσης που έχουν αποκτήσει. Επομένως ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να έχει κατανοήσει το γενικότερο επίπεδο της τάξης και αναλόγως να οριοθετεί την χρονική διεξαγωγή των τεστ.

Επίσης, οι σπουδαστές απεχθάνονται τις εκπλήξεις στα τεστ. Τα τεστ θα πρέπει να έχουν μία τέτοια διάρθρωση ούτως ώστε να παρέχουν ένα κίνητρο για τον μαθητή ενώ παράλληλα θα μπορεί να εξάγει ο εκπαιδευτικός χρήσιμα συμπεράσματα για το επίπεδο της γνώσης που έχουν κατακτήσει οι μαθητές του. Με την διεξαγωγή όμως τεστ τα οποία ενδέχεται να κρύβουν παγίδες και εκπλήξεις, ο εκπαιδευτικός το μόνο που καταφέρνει είναι να δημιουργήσει μία αντιπάθεια για το πρόσωπο του και να νομίζουν οι μαθητές του ότι προσπαθεί κάθε φορά να τους ξεγελάσει και να τους δημιουργήσει προβλήματα (Felder, 1997).

Εκπαιδευτική Σύσταση: Η εκπαιδευτική σύσταση που θα παρουσιάσουμε παρακάτω αναφορικά με την διεξαγωγή των τεστ απαρτίζεται από τις παρακάτω πέντε συστάσεις (R.M. Felder 1997):

- Δώστε στους μαθητές οδηγίες σε κάθε τεστ με την μορφή οδηγού σπουδών. Ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να αναφέρει στους μαθητές του ότι για να τα πάνε καλά στο τεστ θα πρέπει να έχουν κατανοήσει συγκεκριμένα θέματα από το κεφάλαιο που έχουν μελετήσει. Έτσι οι μαθητές θα έχουν έναν προσανατολισμό και θα αποδώσουν καλύτερα ενώ παράλληλα θα έχουν καταφέρει να αποκτήσουν τις γνώσεις που επιθυμεί ο εκπαιδευτικός.
- Κατά την διεξαγωγή του τεστ μόνο το 10% - 15% θα πρέπει να αποτελεί το πιο δύσκολο κομμάτι.
- Οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να επιλύουν πάντα μόνοι τους τα τεστ πριν τα διεξάγουν στην τάξη.
- Ελαχιστοποιήστε την ταχύτητα ως ένα παράγοντα επίδοσης στο τεστ.
- Μην εξετάσετε ικανότητες τις οποίες δεν έχουν μελετήσει οι μαθητές.

5.5.8 Εκδήλωση ενδιαφέροντος και ανησυχίας αναφορικά με την πρόοδο των μαθητών

Το περιβάλλον που θα αναπτυχθεί μέσα στην τάξη ανάμεσα στον εκπαιδευτικό και τους μαθητές ή ακόμη και ανάμεσα στους ίδιους τους μαθητές μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο στην ποιότητα της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Μελέτες έχουν αποδείξει ότι η σχέση που έχουν οι μαθητές με τους εκπαιδευτικούς μέσα και έξω από την τάξη ενδέχεται να διαφοροποιήσει αρκετά την βελτίωση της μάθησης από την πλευρά των μαθητών. Ειδικότερα, εάν έχει αναπτυχθεί η ιδέα στους μαθητές ότι ο εκπαιδευτικός τους ενδιαφέρεται πραγματικά για την πρόοδο τους και την σωστή ανάπτυξη των ικανοτήτων τους, τότε το κίνητρο των μαθητών αυξάνεται και παρουσιάζουν βελτιωμένες επιδόσεις στα μαθήματα.

Εκπαιδευτική Σύσταση: Η Εκπαιδευτική Σύσταση που θα παρουσιάσουμε παρακάτω αφορά προτάσεις προς τους εκπαιδευτικούς τις οποίες μπορούν να εφαρμόσουν όλοι εφόσον αισθάνονται άνετα με αυτές. Επομένως έχουμε τις παρακάτω επτά προτάσεις (Felder et al, 2000):

- **Μάθετε τα ονόματα των μαθητών.** Με το να γνωρίζετε καλά τα ονόματα των μαθητών και να απευθύνεστε σε αυτούς προσωπικά τόσο μέσα στην τάξη όσο και έξω από αυτή, δημιουργείτε μία οικειότητα και αποτέλεσμα αυτής είναι η παράλληλη δημιουργία κινήτρου για τους μαθητές να είναι όσο το δυνατόν καλύτεροι μέσα στην τάξη.
- **Κάντε τον εαυτό διαθέσιμο για τους μαθητές.** Ανακοινώνοντας ώρες γραφείου κάνετε τον εαυτό σας διαθέσιμο προς τους μαθητές και δημιουργείτε έτσι μία σχέση εμπιστοσύνης.
- Εάν χρησιμοποιείτε καινοτόμες εκπαιδευτικές μεθόδους, όπως η συνεργατική μάθηση **εξηγήστε στους μαθητές τα οφέλη που θα προκύψουν από αυτές.**
- Να **επευφημείται τις καλές επιδόσεις** των μαθητών.
- **Συλλέξτε περιοδική ανατροφοδότηση** για την πρόοδο των μαθητών.
- **Αφήστε τους μαθητές να συμμετάσχουν στην αξιολόγηση** της εκπαιδευτικής διαδικασίας
- **Διατηρείστε μία αίσθηση σεβασμού για τους μαθητές** σας τόσο σε ατομικό επίπεδο όσο και σε συγκεντρωτικό.

Μετά την ολοκλήρωση της έρευνας μας θα επιχειρήσουμε μέσω μίας προσέγγισης

προσομοίωσης μία απλή καταγραφή του αρχικού μας πειράματος. Σε αυτήν προσπαθήσαμε να εντάξουμε τα όσα προέκυψαν από την αξιοποίηση των λογισμικών LabVIEW & S.P.S.S. σε ένα καινούργιο προσομοιωμένο περιβάλλον φιλικό στην μαθητική ψυχολογία. Η προσέγγιση γίνεται σε περιβάλλον ατομικού χρήστη, αφού διερευνήσαμε τα όρια και τα πλαίσια των επιλογών που θα μπορούσε να έχει μια προσομοίωση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ

1. J. Williams, (2011). STEM education: Proceed with caution. *Design and Technology Education: An International Journal*, 16(1).
2. A. Williams, (1996). *An Introduction to Technology Education*, in Williams, P.J., & Williams, A. (Eds.), *Technology Education for Teachers*. Melbourne: Macmillan
3. R. M. Felder, D. R. Woods, J. E. Stice, A. Rugarcia (2000). «*THE FUTURE OF ENGINEERING EDUCATIONIII. TEACHING METHODS THAT WORK*».
4. STEM Education (Οργανισμός Εκπαιδευτικής Ρομποτικής, Επιστήμης, Τεχνολογίας & Μαθηματικών). <http://stem.edu.gr>
5. C. Natarajan, & S. Chunawala, (2009) Technology and Vocational Education in India. In A. Jones and M. de Vries (Eds.), *International Handbook of Research and Development in Technology Education* (pp. 105-116). Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers.
6. G. Venville, J. Wallace, L. Rennie, & J. Malone, (2002) Curriculum Integration: Eroding the High Ground of Science as a School Subject? *Studies in Science Education*, 37, pp. 43-83.
7. Department for Education and Skills. (2006) STEM Programme Report. London: Author.
8. M. Sanders, (2009). Integrative STEM Education: Primer. *The Technology Teacher*, 68(4), p 20-26.
9. J. Pitt, (2009) Blurring the Boundaries – STEM Education and Education for Sustainable Development. *Design and Technology Education: An International Journal*, 14(1), p37-48.
10. K. Seemann, & R. Talbot, (1995) Technacy: towards a holistic understanding of technology teaching and learning among Aboriginal Australians. *Prospects: Quarterly Review of Comparative Education*, 25(4), 761-775.
11. Sesame Workshop (2009) [eases/stemeducation_11212009](http://www.sesameworkshop.org/newsandevents/pressrel) on Feb 2, 2010, Retrieved from <http://www.sesameworkshop.org/newsandevents/pressrel>.
12. D. Barlex, (2008) STEM: Can we still be cheerful? *D&T News* (38). Warwickshire, UK: The Design and Technology Association.
13. B. Dearing, & M. Daugherty, (2004) Delivering engineering content in technology education. *The Technology Teacher*, 64(3), 8-11.
14. L. Katehi, G. Pearson & M. Feder, (2009). *Engineering in K-12 Education*. Washington, DC: The National Academies Press.
15. G. Rogers, (2005). Pre-engineering's place in technology education and its effect on technological literacy as perceived by technology education teachers. *Journal of Industrial Teacher Education*, 41(3), 6-22.
16. M. Sidawi, (2009). Teaching science through designing technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 19(3), 269-288.
17. International Technology and Engineering Education Association, ITEEA (2009). *The Overlooked STEM Imperatives: Technology and Engineering*. Reston VA, USA: Author.
18. D. Gattie & R. Wicklein (2007). Curricular Value and Instructional Needs for Infusing Engineering Design into K-12 Technology Education. *Journal of Technology Education*, 19(1), 6-18.
19. J. Douglas, E. Iversen, & C. Kalyandurg, (2004). *Engineering in the K-12 classroom: An analysis of current practices and guidelines for the future*. Washington: ASEE Engineering K12 Centre.
20. R. Wicklein, (2006) 5 Good reasons for engineering design as the focus for technology education. *The Technology Teacher*, 65(7), 25-29.
21. A. Rugarcia, R. M. Felder, D. R. Woods, & J. E. Stice, (2000). The future of engineering education I. A vision for a new century. *Chemical Engineering Education*, 34(1), 16-25.

22. W.J. McKeachie, (1999) *Teaching Tips: Strategies, Research, and Theory for College and University Teachers*, 10th edn, Houghton Mifflin, Boston.
23. P. Wankat and F.S. Oreovicz, (1993). *Teaching Engineering*, McGraw-Hill, New York, 1993. Available on-line at <<http://www.asee.org/pubs/teaching.htm>>.
24. J.E. Stice, (1987). *Developing Critical Thinking and Problem-Solving Abilities*. New Directions in Learning and Teaching, No. 30, Jossey-Bass, San Francisco, 1987
25. B.S. Bloom and D.R. Krathwohl. *Taxonomy of Educational Objectives. Handbook 1: Cognitive Domain*. Addison-Wesley, New York, 1984.
26. R.M. Felder, "Reaching the Second Tier: Learning and Teaching Styles in College Science Education." *J. College Science Teaching*, 23 (5), 286–290 (1993). Available on-line at <<http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/Secondtier.html>>.
27. R. M. Felder, & L. K. Silverman, (1988). Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering education*, 78(7), 674-681.
28. R.M. Felder, (1987). "On Creating Creative Engineers." *Engr. Education*, 77 (4), 222–227
29. R.M. Felder, (1989) "Meet Your Students. I. Stan and Nathan." *Chem. Engr. Education*, 23(2), 68-69
<http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Columns/Stannathan.html>
30. C.C. Bonwell and J.A. Eison, 1991. *Active Learning: Creating Excitement in the Classroom*. ASHEERIC Higher Education Report No. 1, George Washington University, Washington, DC.
31. T.E. Sutherland and C.C. Bonwell, 1996. *Using Active Learning in College Classes: A Range of Options for Faculty*. Jossey-Bass, San Francisco.
32. D.W. Johnson, R.T. Johnson, and K.A. Smith, 1999. *Active Learning: Cooperation in the College Classroom*, 2nd edn. Interaction Book Co., Edina, MN.
33. B.J. Millis and P.G. Cottell, Jr. 1998. *Cooperative Learning for Higher Education Faculty*. American Council on Education and the Oryx Press, Phoenix.
34. R.M. Felder and R. Brent, *Cooperative Learning in Technical Courses: Procedures, Pitfalls and Payoffs*. ERIC Document Reproduction Service, ED 377038. Available on-line at <http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/Coopreport.html>
35. R.M. Felder, (1997) "Tips on Quantitative Tests." *Emphasis on Teaching and Learning*, N.C. State University, pp. 7–9. Available on-line at <<http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/testingtips.htm>>.

6. Προσομοίωση

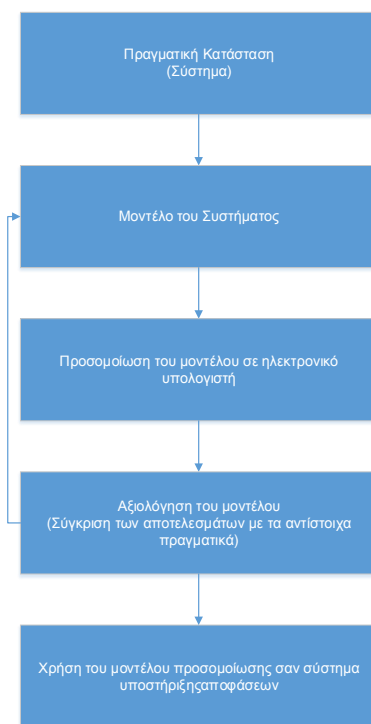
6.1 Εισαγωγή

Με τον όρο προσομοίωση (simulation) αναφερόμαστε στην μέθοδο εκείνη η οποία αναπτύχθηκε για να αποτυπώσει την μίμηση της λειτουργίας συστημάτων ή την εξέλιξη διαδικασιών μέσα στον χρόνο με την βοήθεια του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Ουσιαστικά αποτελεί την μέθοδο μελέτης ενός συστήματος και εξοικείωσης με τα χαρακτηριστικά του με την βοήθεια πάντα ενός άλλου συστήματος.

Η προσομοίωση είναι μια αναπαράσταση ή ένα μοντέλο, συνήθως μαθηματικό, το οποίο έχει κατασκευαστεί για να αναπαραστήσει το σύστημα, με απώτερο σκοπό να γίνει πιο κατανοητή η λειτουργία του (Darzentas & Tsagaris, 2000). Επομένως μπορούμε να πούμε ότι το σύστημα προσομοίωσης «μιμείται» την συμπεριφορά του συστήματος που αναπαριστά και επιτρέπει έτσι την άμεση εξοικείωση με τα χαρακτηριστικά του και την κατανόηση των λειτουργιών του. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω οι υπολογιστές αποτελούν το κύριο εργαλείο για την εφαρμογή και ανάπτυξη μοντέλων προσομοίωσης. Το μοντέλο που δημιουργείται ονομάζεται υπολογιστικό μοντέλο και στόχος του είναι ο πειραματισμός πάνω σε ένα πραγματικό σύστημα χωρίς να έχουμε καμία άμεση επαφή μαζί του (Τσαγγάρης κ.α., 2001). Ουσιαστικά κατασκευάζεται ένα πρόγραμμα σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή και στην συνέχεια διεξάγονται πειράματα τα οποία καταγράφουν την κατάσταση του συστήματος σε διαδοχικές χρονικές στιγμές με την παράλληλη αποτύπωση ενός πιθανού σεναρίου εξέλιξης του στην μονάδα του χρόνου.

6.2 Τύποι Προσομοίωσης

Η έννοια της προσομοίωσης παρουσιάστηκε αρχικά στον χώρο της επιστημονικής έρευνας ως μία τεχνική μελέτης των αποτελεσμάτων μιας δράσης πάνω σε ένα φαινόμενο χωρίς να απαιτείται η παρέμβαση στο ίδιο το φαινόμενο. Γενικότερα οι προσομοιώσεις χρησιμοποιούνται για την κατανόηση της λειτουργίας πολλών φυσικών, βιολογικών και κοινωνικών διαδικασιών.



Εικόνα 6.1: Απλή περιγραφή της διαδικασίας ανάπτυξης μοντέλων προσομοίωσης.

Μπορούμε να πούμε ότι οι προσομοιώσεις χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες ανάλογα με το τι προσδιορίζεται κάθε φορά:

- Σε αυτές που προσομοιώνουν κάτι, και
- Σε αυτές που δείχνουν πώς να γίνει κάτι

Κάθε κατηγορία χωρίζεται σε δύο επιμέρους υποκατηγορίες. Έτσι για την πρώτη κατηγορία έχουμε τους εξής τύπους:

- a) **Φυσική Προσομοίωση**, στην οποία ένα φυσικό φαινόμενο ή μία κατάσταση παρουσιάζεται με την βοήθεια ενός υπολογιστικού συστήματος στην οθόνη ενός υπολογιστή δίνοντας παράλληλα την δυνατότητα στον χρήστη για εκμάθηση πάνω στις λειτουργίες του συστήματος αφού πρώτα γίνει ο χειρισμός κάποιον εκ των μεταβλητών.
- b) **Επαναληπτική Προσομοίωση**, στην οποία ο χρήστης διενεργεί συνεχείς επαναλήψεις με βάση το προσομοιωμένο μοντέλο επιλέγοντας κάθε φορά και διαφορετικές τιμές των παραμέτρων.

Για την δεύτερη κατηγορία έχουμε τους παρακάτω δύο τύπους:

- c) **Διαδικαστική Προσομοίωση**, στην οποία πραγματοποιείται η διδαχή μιας αλληλουχίας διαφόρων ενεργειών για την επίτευξη κάποιου στόχου.
- d) **Προσομοίωση Κατάστασης**, στην οποία γίνεται μια εναλλαγή διαφόρων καταστάσεων και εναλλακτικών διαδρομών από τον εκάστοτε χρήστη σε ένα σύστημα, με απώτερο σκοπό την μελέτη των διαφόρων επιπτώσεων των εναλλαγών αυτών στο σύστημα.

6.3 Συστήματα και Μοντέλα

Δύο βασικές έννοιες αφορούν έννοιες κλειδιά για την κατανόηση της μεθοδολογίας της προσομοίωσης: η έννοια του 'Συστήματος' και η έννοια του 'Μοντέλου' (Κόμης, 2004).

6.3.1 Συστήματα

Με τον όρο σύστημα αναφερόμαστε σε ένα ενιαίο σύνολο που αποτελείται από αλληλένδετα μέρη, δηλαδή από στοιχεία τα οποία περιλαμβάνονται από διασυνδέσεις, αλληλεξαρτήσεις και αλληλεπιδράσεις. Σύμφωνα με αυτόν τον ορισμό μπορούμε να παρατηρήσουμε τα παρακάτω:

- a) Οι ιδιότητες και η συμπεριφορά κάθε μέρους του συστήματος έχουν επίδραση στην γενικότερη συμπεριφορά του συστήματος ως μια ενιαία οντότητα.
- b) Οι ιδιότητες των συνιστωσών του συστήματος είναι αλληλοεξαρτώμενες και επομένως η συμπεριφορά κάθε συνιστώσας εξαρτάται από την συμπεριφορά των υπολοίπων.
- c) Κανένα στοιχείο του συστήματος δεν αποτελεί αυτοδύναμο και αυτόνομο σύστημα και επομένως δεν μπορεί να οργανωθεί σε τελείως ανεξάρτητες υποομάδες στοιχείων.

Μπορούμε να πούμε ότι το σύστημα αποτελεί μία ανθρώπινη σύλληψη από μέρη που είναι αλληλοεξαρτώμενα και βρίσκονται σε μια οργανωμένη μορφή. Από τεχνολογικής απόψεως ο ορισμός του συστήματος δεν πραγματοποιεί την διάκριση μεταξύ του θεωρητικού και του εφαρμοσμένου μοντέλου, αλλά παρουσιάζει το σύστημα σαν μια απεικόνιση ενός συνόλου στοιχείων (είσοδος) σε ένα άλλο (έξοδος).

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να διευκρινίσουμε ότι τα όρια του συστήματος καθορίζονται κάθε φορά από τον παρατηρητή. Βασικό κριτήριο για τον καθορισμό αυτό αποτελεί η ικανότητα του παρατηρητή στο καθορισμό του επιπέδου του συστήματος που μπορεί να ελεγχθεί. Ότι βρίσκεται εκτός της περιοχής ελέγχου του συστήματος αποτελεί το περιβάλλον του, το οποίο είναι πάντα ικανό να το επηρεάζει. Το περιβάλλον αυτό είναι ο χώρος ο οποίος παρέχει τα στοιχεία εισόδου στο σύστημα, ενώ παράλληλα αποτελεί τον χώρο στον οποίο το σύστημα εναποθέτει τα στοιχεία εξόδου. Τα συστήματα μπορούν να ταξινομηθούν σε πέντε κύριες κατηγορίες, ανάλογα με την

σχέση τους με το περιβάλλον, την πολυπλοκότητα τους, τα γεγονότα, τα στοιχεία τους κ.α. Επομένως έχουμε τα παρακάτω:

1. Σε σχέση με τα στοιχεία τους τα συστήματα μπορεί να είναι
 - Φυσικά
 - Θεωρητικά
 - Τεχνολογικά
 - Κοινωνικά
 - Συστήματα Ανθρώπινης Δραστηριότητας
2. Σε σχέση με το περιβάλλον μπορεί να είναι
 - Ανοιχτά
 - Κλειστά
3. Σε σχέση με την συμπεριφορά τους μπορεί να είναι
 - Σταθερής κατάστασης
 - Συστήματα πολλαπλών στόχων
 - Συστήματα συγκεκριμένου στόχου
 - Συστήματα εκδήλωσης κάποιας πρόθεσης
4. Σε σχέση με τα γεγονότα μπορεί να είναι
 - Στατικά
 - Δυναμικά
 - Ομοιοστατικά
5. Σε σχέση με τον βαθμό πρόβλεψης της συμπεριφοράς
 - Αιτιοκρατικά
 - Πιθανολογικά

6.3.2 Μοντέλα

Τα μοντέλα αποτελούν το ουσιαστικό τεχνητό πρότυπο του συστήματος. Δηλαδή, για να μπορέσει να γίνει μία ανάλυση ενός συστήματος θα πρέπει να δημιουργηθεί η ανάλογη αναπαράσταση του. Έτσι μπορούμε να πούμε ότι η αναπαράσταση αυτή αποτελεί το ερευνητικό μοντέλο. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να επισημάνουμε ότι ένα σύστημα μπορεί να απεικονιστεί από διάφορα μοντέλα, ανάλογα πάντα με την προσέγγιση που εκτελεί ο παρατηρητής του συστήματος. Τα μοντέλα έχουν έναν αφαιρετικό χαρακτήρα όσον αφορά την περιγραφή του συστήματος (Εικόνα 6.2). Αυτό φαίνεται ξεκάθαρα στο παρακάτω σχήμα όπου μπορούμε να δούμε την ιεραρχία ανάμεσα στην πραγματικότητα, το σύστημα και το μοντέλο:

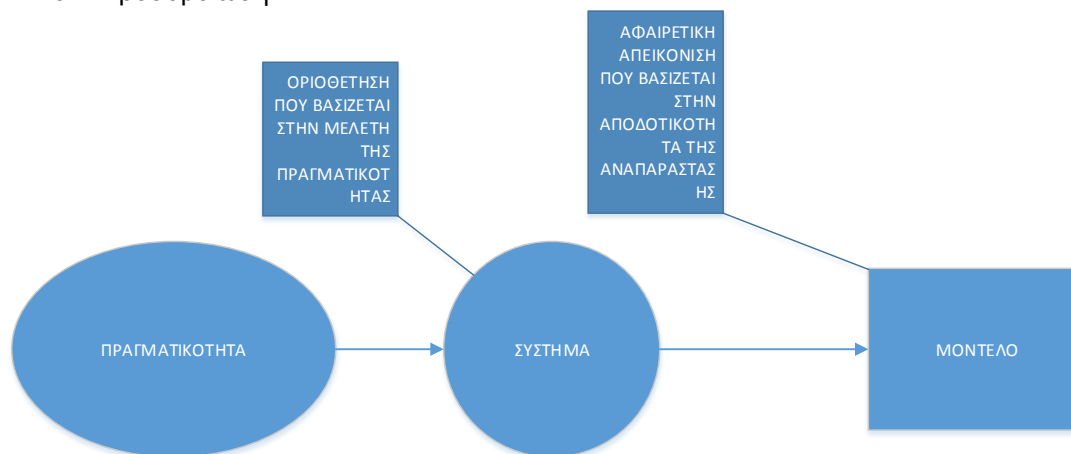
Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τα μοντέλα στις παρακάτω τέσσερις κατηγορίες:

1. *Εικονικά Μοντέλα*: Αποτελούν μια αναπαράσταση της πραγματικότητας και αφορούν μοντέλα σε σμίκρυνση, όπως παραδείγματος χάριν οι μακέτες, τα σχέδια και οι διάφορες φωτογραφίες.
2. *Αναλογικά Μοντέλα*: Αποτελούν τα μοντέλα εκείνα που αναπαριστούν τις συμπεριφορές διάφορων πραγματικών καταστάσεων.
3. *Αναλυτικά Μοντέλα*: Αποτελούν τα μοντέλα εκείνα που απαρτίζονται από μαθηματικές σχέσεις οι οποίες αναφέρονται στην υπό εξέταση κατάσταση. Οι μεταβλητές των μοντέλων αυτών απεικονίζονται με διάφορα σύμβολα με την βοήθεια των οποίων πραγματοποιείτε η έκφραση των συσχετίσεων των μεταβλητών αυτών.
4. *Εννοιολογικά Μοντέλα*: Αποτελούν μοντέλα τα οποία αναφέρονται στην αναπαράσταση των ποιοτικών χαρακτηριστικών μιας κατάστασης, η οποία εξαρτάται πάντα από την σχετική επισκόπηση του παρατηρητή.

Μεγάλο ενδιαφέρον αποτελούν τα αναλυτικά μοντέλα τα οποία κατά την μελέτη ενός συστήματος προηγούνται των αναλογικών μοντέλων. Τα αναλυτικά μοντέλα μπορούν να χωριστούν στις παρακάτω τέσσερις επιμέρους κατηγορίες ανάλογα με την εξάρτησή τους από τον χρόνο και

την εξάρτησή τους από τις διάφορες τυχαίες ή μη καταστάσεις ενός συστήματος. Έτσι έχουμε τις παρακάτω κατηγορίες:

- Αλγεβρικές Εξισώσεις
- Διαφορικές Εξισώσεις
- Στατιστικές και πιθανολογικές σχέσεις
- Προσομοίωση



Εικόνα 6.2: Ιεραρχία πραγματικότητας, συστήματος και μοντέλου.

6.4 Λόγοι Χρήσης Προσομοίωσης

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, η προσομοίωση μας δίνει την δυνατότητα να έχουμε μία ευελιξία και μία ευκολία στην προσέγγιση των διαφόρων καταστάσεων που μελετάμε κάθε φορά. Επομένως μπορούμε να επισημάνουμε ότι σαν μέθοδο, η προσομοίωση απαιτεί τις λιγότερες υποθέσεις από κάθε άλλη μέθοδο για την αντιμετώπιση ακόμη και κοινωνικό-οικονομικών προβλημάτων.

Γενικότερα οι λόγοι της ευρείας χρήσης της προσομοίωσης για την αντιμετώπιση διαφόρων καταστάσεων μπορούν να συνοψιστούν στους επτά παρακάτω:

1. Αντικατάσταση των πειραματικών μεθόδων, λόγω του μικρού κόστους και της ταχύτητας εξαγωγής των συμπερασμάτων με χρήση της προσομοίωσης με παράλληλη την βελτίωση στην ποιότητα της ασφάλειας που παρέχεται από την χρήση της μεθόδου.
2. Άμεση προσέγγιση στις διάφορες καταστάσεις του συστήματος. Μπορεί να γίνει ευκολότερη η μελέτη συστημάτων τα οποία δεν μπορούν να προσεγγιστούν από των μελετητή λόγω διαφόρων τεχνικών δυσκολιών και προδιαγραφών ασφαλείας.
3. Βελτιστοποίηση στην κατανόηση των διαφόρων πτυχών και εναλλακτικών καταστάσεων του κάθε φορά υπό μελέτη συστήματος.
4. Υπάρχει η δυνατότητα για την χρήση των μοντέλων προσομοίωσης όσον αφορά εκπαιδευτικούς σκοπούς, αφού μπορεί να γίνει δυνατή η εκπαίδευση χρηστών πάνω σε συστήματα τα οποία δεν έχουν ακόμα κατασκευαστεί.
5. Δυνατότητα δημιουργίας μοντέλων προσομοίωσης που έχουν ως σκοπό την πρόβλεψη των διαφόρων καταστάσεων στις οποίες μπορεί να επέλθει ένα σύστημα. Μάλιστα μπορούμε να προβλέψουμε την εξέλιξη των καταστάσεων συστημάτων με πολύ βραχεία ανάπτυξη, με την χρήση πάντα ηλεκτρονικών υπολογιστών μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα.
6. Μπορούμε να δώσουμε λύσεις με την χρήση μοντέλων προσομοίωσης για μεταβλητές συστημάτων που αφορούν κοινωνικό-οικονομικά συστήματα τα οποία

είναι δύσκολο να μελετηθούν με οποιαδήποτε άλλη μέθοδο.

7. Μπορεί να πραγματοποιηθούν έλεγχοι και ενέργειες για την συντήρηση των συστημάτων που μελετούμε αφού μπορούμε να προβλέψουμε την συμπεριφορά του συστήματος ακόμα και σε καταστάσεις για τις οποίες δεν έχουμε επαρκείς πληροφορίες.

6.5 Εφαρμογές Προσομοίωσης

Όπως αναφέραμε και παραπάνω η χρήση της προσομοίωσης συναντάται σε μία πληθώρα τομέων και περιοχών τόσο επιστημονικών όσο και κοινωνικό-οικονομικών. Στις παρακάτω παραγράφους παρουσιάζουμε μερικούς από αυτούς και ίσως τους κυριότερους.

- a) **Επικοινωνίες:** Η εφαρμογή των μοντέλων προσομοίωσης στις επικοινωνίες έδωσε νέα πνοή στον κλάδο αυτό ενώ παράλληλα βοήθησε στην ταχεία ανάπτυξη του τα τελευταία χρόνια. Τηλεπικοινωνιακά δίκτυα, δίκτυα ευρείας ζώνης, δίκτυα καλωδιακής τηλεόρασης, συστήματα δορυφορικών επικοινωνιών και συστήματα κινητής τηλεφωνίας είναι μερικοί από τους τομείς των επικοινωνιών όπου τα μοντέλα προσομοίωσης χρήζουν ευρείας εφαρμογής. Η ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών και η χρήση των μοντέλων προσομοίωσης με την βοήθεια αυτών, δημιούργησε εργαλεία που σκοπό έχουν την εφαρμογή τεχνικών προσομοίωσης για την σχεδίαση και ανάπτυξη τηλεπικοινωνιακών συστημάτων.
- b) **Οικονομία:** Τα μοντέλα προσομοίωσης έδωσαν μια ιδιαίτερη ώθηση στον οικονομικό τομέα μιας και είχαν εφαρμογή στις τράπεζες και στις ασφαλιστικές εταιρίες. Ιδιαίτερα έχουν χρησιμοποιηθεί στον σχεδιασμό των χρηματικών ροών στην επεξεργασία των τραπεζικών δεδομένων και στα εσωτερικά δίκτυα υπολογιστών των τραπεζών. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν και στον σχεδιασμό των αυτόματων ταμειακών μηχανών και των συστημάτων εξυπηρέτησης.
- c) **Εφοδιαστικές Αλυσίδες:** Ο σχεδιασμός των εφοδιαστικών αλυσίδων και η ανάπτυξη των Logistics γενικότερα οφείλει πολλά στην ανάπτυξη προσομοιωμένων μοντέλων. Μοντέλων που αφορούν στην διαχείριση αποθηκών, στον εφοδιασμό και στον σχεδιασμό της διανομής των προϊόντων.
- d) **Υπηρεσίες Υγείας:** Σημαντικό ρόλο στην βελτίωση των νοσοκομειακών πόρων έχουν παίξει τα διάφορα μοντέλα προσομοίωσης, ενώ παράλληλα έχουν βοηθήσει στην βελτιστοποίηση της διαχείρισης του ανθρωπίνου δυναμικού, εξοπλισμού και φαρμακευτικού υλικού. Στο πεδίο όμως της μελέτης των ασθενειών και των διαφόρων επιδημιών, τα μοντέλα προσομοίωσης έχουν παίξει καθοριστικό ρόλο καθώς έχουν βοηθήσει στον έλεγχο των ασθενειών αυτών και στην πρόβλεψη της μετάδοσής τους.
- e) **Υπηρεσίες Εστίασης και Διαμονής:** Ακόμη και στον κλάδο αυτό η εμφάνιση των μοντέλων προσομοίωσης έφερε σημαντικές αλλαγές που αφορούν κυρίως την μελέτη και βελτίωση των χώρων διαμονής, την διαχείριση του ανθρωπίνου δυναμικού και των συστημάτων κρατήσεων.
- f) **Συγκοινωνίες - Μεταφορές:** Τα μοντέλα προσομοίωσης έκαναν αισθητή την παρουσία τους και σε αυτόν κλάδο δίνοντας την δυνατότητα για μεγάλες βελτιώσεις σε όλες τις πτυχές του, τόσο των συγκοινωνιών όσο και των μεταφορών. Σε αυτόν τον τομέα κύριος στόχος της προσομοίωσης είναι ο σχεδιασμός των δρομολογίων των διαφόρων μέσων μαζικής μεταφοράς, και όχι μόνο, καθώς πραγματοποιούνται μελέτες σε όλων των ειδών τις μεταφορές.
- g) **Μετεωρολογία – Περιβάλλον:** Με την εξέλιξη των διαφόρων υπολογιστικών συστημάτων η πρόγνωση του καιρού πραγματοποιείται πλέον με την χρήση προσομοίωσης σε υπολογιστή. Οι διάφορες μεταβλητές που επηρεάζουν τις καιρικές συνθήκες τοποθετούνται σε διάφορα μοντέλα και με την χρήση της προσομοίωσης πραγματοποιείται η πρόγνωση και πρόβλεψη των διαφόρων καιρικών φαινομένων. Επίσης τα διάφορα περιβαλλοντικά φαινόμενα όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου έχουν ξεκινήσει να προσομοιώνονται και να εξετάζονται με την χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών.

- h) **Εξόρυξη φυσικών πόρων** : Μεγάλες εταιρίες που δραστηριοποιούνται στον χώρο της εξόρυξης μεταλλευμάτων και γενικότερα στην διαχείριση των διαφόρων πόρων, είτε ορυκτών είτε λοιπών φυσικών, εφαρμόζουν ειδικά μοντέλα προσομοίωσης για τις διάφορες μελέτες τους που σκοπό έχουν την βελτίωση των δραστηριοτήτων τους περιορίζοντας παράλληλα το λειτουργικό τους κόστος.
- i) **Τομείς παραγωγής ενέργειας** : Τα διάφορα συστήματα παραγωγής ενέργειας προσομοιώνονται για να μπορέσουν να σχεδιαστούν λειτουργικά συστήματα τα οποία θα βελτιστοποιούν τον ρυθμό παραγωγής, την διανομή της ενέργειας, την ασφάλεια και την αξιοπιστία των διαφόρων εγκαταστάσεων.
- j) **Βιομηχανικές Μονάδες** : Σχεδόν όλες οι βιομηχανικές μονάδες σε διάφορους τομείς της επιχειρηματικής δραστηριότητας χρησιμοποιούν την προσομοίωση και την μοντελοποίηση για να μπορέσουν να βελτιστοποιήσουν σε μεγάλο βαθμό τον στρατηγικό τους σχεδιασμό, τις παραγωγικές τους διαδικασίες, τις εγκαταστάσεις τους και γενικότερα τον όλο τρόπο λειτουργίας τους.

6.6 Στατιστική και Προσομοίωση

Όπως μπορούμε εύκολα να υποθέσουμε η σχέση της Στατιστικής Επιστήμης με την προσομοίωση είναι πολύ μεγάλη. Για την δημιουργία μοντέλων προσομοίωσης είναι απαραίτητη η χρήση στατιστικών μοντέλων τα οποία στηρίζονται πάνω στις στατιστικές κατανομές. Τα στατιστικά αυτά μοντέλα σχηματίζονται κυρίως μέσα από δεδομένα που έχουν συλλεχτεί από ερευνητικές διαδικασίες, μελετώντας την αναμενόμενη συμπεριφορά των παραμέτρων και σε δεδομένα που μπορεί να έχουν συλλεχτεί στο παρελθόν.

Όταν αναφερόμαστε σε δεδομένα που περιγράφουν την αναμενόμενη συμπεριφορά κάποιου φαινομένου ή κατάστασης, τα μοντέλα προσομοίωσης έχουν την δυνατότητα να μελετούν μελλοντικά σενάρια εξέλιξης της συγκεκριμένης κατάστασης ή του φαινομένου αυτού. Στα δεδομένα που αφορούν παρελθοντικό χρόνο γίνεται εφικτή η «μίμηση» της κατάστασης που μελετάτε μέσα από τα προσομοιωμένα μοντέλα στηριζόμενα πάντα στην υπάρχουσα υποδομή που μελετούν.

Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να διακρίνουμε την σπουδαιότητα της στατιστικής στην ανάπτυξη των μοντέλων προσομοίωσης μιας και η απόδοση της ρεαλιστικότητας στηρίζεται στον στοχαστικό χαρακτήρα των μεταβλητών που χρησιμοποιούνται κάθε φορά για να περιγράψουν ένα φαινόμενο ή μία κατάσταση.

6.7 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Προσομοίωσης

Κάθε ερευνητική διαδικασία παρουσιάζει πάντα ένα σύνολο από πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κατά την διεξαγωγή της. Έτσι και η προσέγγιση της προσομοίωσης γύρω από κάποια θέματα εντάσσεται και αυτή στον παραπάνω κανόνα. Παρακάτω θα παρουσιάσουμε μερικά από αυτά, τα οποία προκύπτουν σε γενικές γραμμές από τις προαναφερθέντες παραγράφους του κεφαλαίου αυτού. Στα πλεονεκτήματα της προσομοίωσης μπορούμε να αναφέρουμε τα εξής:

- Ενδέχεται η εφαρμογή της να αποτελεί την μοναδική προσέγγιση για την μελέτη ενός συστήματος το οποίο μπορεί να θεωρηθεί μη προσβάσιμο.
- Η εφαρμογή της συνήθως έχει μικρότερο λειτουργικό κόστος από την μελέτη αυτού κάθε αυτού του συστήματος.
- Μπορεί να μελετηθούν με μεγάλη ευκολία όλες οι μεταβλητές που ορίζουν το σύστημα, ενώ παράλληλα είναι άμεσα προσπελάσιμες.
- Παρέχει μεγάλη ασφάλεια, όσον αφορά την μελέτη και επεξεργασία ιδιαίτερως επικίνδυνων συστημάτων.
- Μπορεί να πραγματοποιηθούν πολλαπλές επαναλήψεις του φαινομένου ή του συστήματος που μελετάτε χωρίς κανένα λειτουργικό κόστος.
- Υπάρχει η δυνατότητα μελέτης του συστήματος από μία πλειάδα πλευρών που μας δίνουν την δυνατότητα για μια σφαιρική μελέτη.

Στα μειονεκτήματα της προσομοίωσης μπορούμε να αναφέρουμε τα παρακάτω:

- Σε ελάχιστες περιπτώσεις η ανάπτυξη ενός προσομοιωμένου μοντέλου απαιτεί μεγάλο κόστος και μεγάλο χρονικό διάστημα ανάπτυξης.
- Ενδέχεται να μην είναι η πιο κατάλληλη μέθοδος μελέτης και επίλυσης του προβλήματος το οποίο μελετάται.
- Η χρήση της προσομοίωσης δεν εγγυάται ότι θα οδηγήσει στην καλύτερη δυνατή λύση.
- Υπάρχει η περίπτωση να μην περιγράψει με ορθό τρόπο το σύστημα που μελετάται.
- Οδηγεί στην ανάγκη για μελέτη περιβαλλόντων τα οποία ευνοούν την δημιουργία μοντέλων.
- Συνήθως σε μια προσομοίωση το μοντέλο που την περιγράφει έχει ήδη δημιουργηθεί από κάποιον άλλο.

6.8 Η Προσομοίωση στο Μέλλον

Η μεγάλη ανάπτυξη των υπολογιστικών συστημάτων έχει ήδη παίξει σημαντικό ρόλο στην εφαρμογή της προσομοίωσης τόσο στην παρούσα ερευνητική κατάσταση που επικρατεί σε όλους τους τομείς όσο και σε μελλοντικές έρευνες (Κουϊκόγλου, 2002; Ρουμेलιώτης, 2001). Οι παράγοντες στους οποίους οφείλεται η διεύρυνση της χρήσης των μοντέλων προσομοίωσης μπορούν να συνοψιστούν στους παρακάτω τέσσερις:

1. Η πολυπλοκότητα των διαφόρων φυσικών, βιολογικών και κοινωνικοοικονομικών συστημάτων δεν αφήνει περιθώρια για την χρήση κλασσικών μεθόδων και μαθηματικών εργαλείων με αποτέλεσμα η χρήση σύγχρονων μοντέλων προσομοίωσης να είναι επιτακτική.
2. Όπως αναφέραμε και παραπάνω η ραγδαία εξέλιξη των υπολογιστών έχει δώσει καινούριες δυνατότητες στην έρευνα μιας και οι υψηλές αποδόσεις των μηχανημάτων σε ταχύτητα και μνήμη έχουν ελαχιστοποιήσει την επεξεργασία και την αποτελεσματικότητα μεγάλων όγκων δεδομένων. Επίσης η ανάπτυξη των μικροϋπολογιστών έχει ελαχιστοποιήσει το κόστος εφαρμογής των μοντέλων προσομοίωσης.
3. Η εξέλιξη του υπάρχοντος λογισμικού για μοντελοποίηση, το οποίο προσφέρει νέες δυνατότητες και η παραγωγή νέων εργαλείων λογισμικού που περιλαμβάνουν πιο εύκολες και πιο προηγμένες τεχνικές για το περιβάλλον επικοινωνίας με το χρήστη, προσφέρουν στον τελευταίο το αναγκαίο τεχνικό υπόβαθρο και τις προγραμματιστικές δυνατότητες ώστε να χρησιμοποιήσει την προσομοίωση.
4. Η αυξανόμενη αναγνώριση των πλεονεκτημάτων της προσομοίωσης και η δυνατότητα χρήσης σύγχρονων εργαλείων προσομοίωσης και ισχυρών χαμηλού κόστους υπολογιστών, θα οδηγήσει σε επέκταση της χρήσης της προσομοίωσης σε διάφορες δραστηριότητες λήψης αποφάσεων, οι οποίες μέχρι τώρα βασιζόνταν στη διάισηση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ

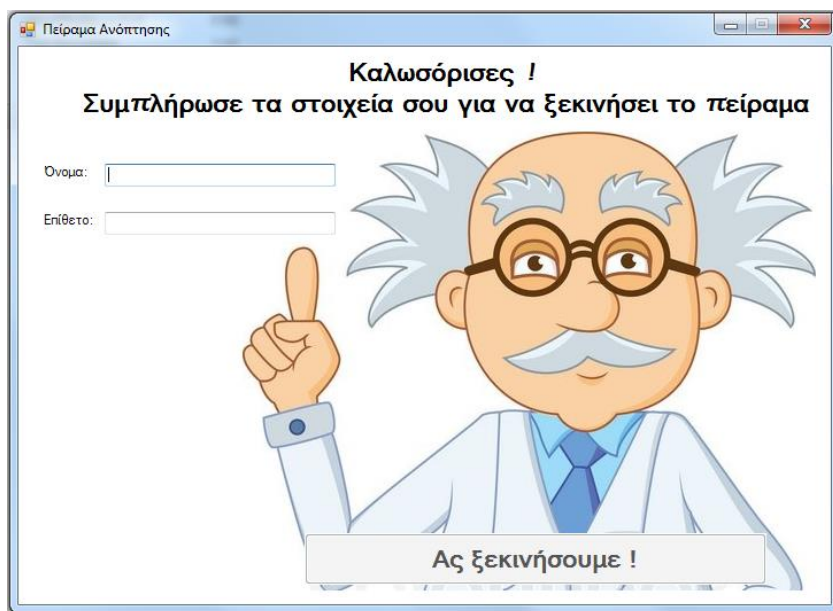
1. J., Darzentas, & C., Tsagaris, C. (2000). Application of a modified OWA operator to a designer decision aiding system (DDAS). *INTERNATIONAL JOURNAL OF GENERAL SYSTEM*, 29 (1), 103-121.
2. Χ. Τσαγγάρης, Θ. Σπύρου, Ι. Δαρζέντας. (2001) "Σημειώσεις του μαθήματος «Προσομοίωση»". Σημειώσεις για το ομώνυμο μάθημα του Τμήματος Μαθηματικών του Πανεπιστημίου Αιγαίου, Καρλόβασι, Σάμος. Διαθέσιμες στην διεύθυνση: <http://www.math.aegean.gr/eedip/ctsag/homepage/Simulation.htm>
3. Β. Κόμης, (2004). "Εισαγωγή στις Εφαρμογές των ΤΠΕ στην Εκπαίδευση", Αθήνα, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
4. Β. Σ. Κουϊκόγλου (2002). "Προσομοίωση", σημειώσεις μαθήματος, Πολυτεχνείο Κρήτης.
5. Μ. Ρουμελιώτης, (2001). "Μοντελοποίηση και Προσομοίωση", Πάτρα, Ε.Α.Π

7. Προσομοιωμένη Απεικόνιση Πειραματικής Διαδικασίας

Όπως αναφέραμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο με την βοήθεια της προσομοίωσης μπορούμε να μελετήσουμε και να εξάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα για διάφορες πειραματικές διαδικασίες οι οποίες μπορεί να είναι δύσκολο να μελετηθούν, τόσο από οικονομικής πλευράς όσο και από πλευράς διεξαγωγής της. Για τους λόγους αυτούς, έχουμε κατασκευάσει μία απλή εφαρμογή με την βοήθεια του Visual Studio και την γλώσσα προγραμματισμού C#. Η εφαρμογή αποτελεί μία σειρά από Windows Application Forms μέσα από τις οποίες ο χρήστης μπορεί να εκτελέσει το παραπάνω πείραμα που διεξήγαμε στο εργαστήριο. Η εφαρμογή αναφέρεται σε μαθητές λυκείου και έχει έναν καθαρά εκπαιδευτικό χαρακτήρα, προσπαθώντας να μεταδώσει στους μαθητές τις απλές παραμέτρους της πειραματικής διαδικασίας μέσα από την αλληλεπίδρασή τους με τον υπολογιστή.

7.1 Περιγραφή Εφαρμογής

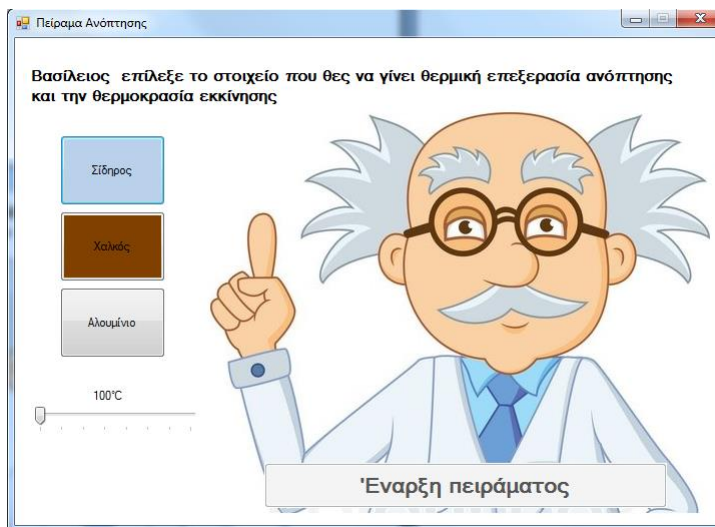
Η εφαρμογή αποτελείται από έξι φόρμες Windows Application Forms τις οποίες θα παρουσιάσουμε παρακάτω δίνοντας ταυτόχρονα και την ανάλογη περιγραφή στο τι συμβαίνει σε κάθε μία. Ξεκινώντας την εφαρμογή έχουμε κατασκευάσει μία φόρμα καλωσορίσματος (Εικόνα.7.1). Όπως μπορούμε να δούμε και στην παρακάτω εικόνα ο μαθητής έχει την δυνατότητα να εισάγει το ονοματεπώνυμο του στην αρχική φόρμα καλωσορίσματος και στην συνέχεια πατώντας το κουμπί **“Ας ξεκινήσουμε !”** ξεκινάει η πειραματική διαδικασία.



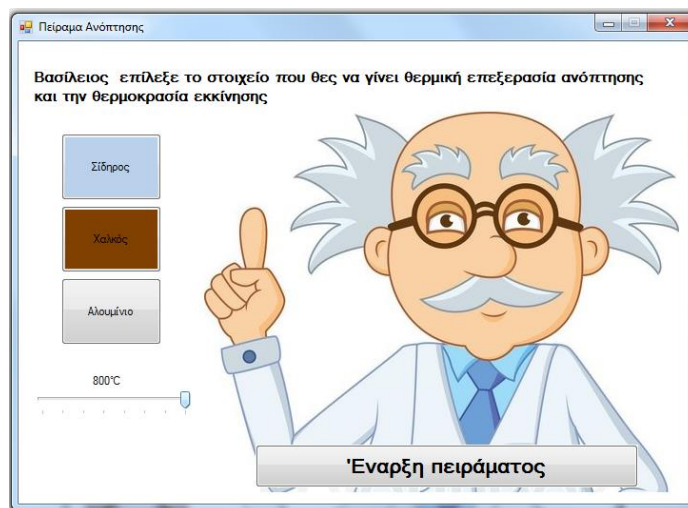
Εικόνα 7.1: Φόρμα καλωσορίσματος και εισαγωγής στοιχείων μαθητή.

Αφού ο μαθητής εισάγει τα στοιχεία του, μεταβαίνει στην επόμενη φόρμα που παρουσιάζεται παρακάτω (Εικόνα 7.2). Σε αυτήν την φόρμα ο μαθητής έχει την δυνατότητα να επιλέξει ανάμεσα σε τρία στοιχεία τα οποία θα θέσει στην θερμική επεξεργασία της ανόπτωσης. Όπως μπορούμε να δούμε και παρακάτω μπορεί να επιλέξει ανάμεσα στον “Σίδηρο”, τον “Χαλκό” και τέλος το “Αλουμίνιο”. Αφού ολοκληρωθεί η επιλογή του στοιχείου ο μαθητής στην συνέχεια έχει την δυνατότητα να επιλέξει την ανώτατη θερμοκρασία στην οποία θα υποβληθεί κατά την θερμική κατεργασία το στοιχείο το οποίο επέλεξε. Οι τιμές της θερμοκρασίας που μπορεί να επιλέξει ξεκινάνε από τους 100 βαθμούς Κελσίου και φτάνουν μέχρι τους 800 βαθμούς (Εικόνα 7.3). Στην

συνέχεια ο μαθητής αφού ολοκληρώσει τις επιλογές του μπορεί να πατήσει το κουμπί “**Έναρξη Πειράματος**” και να μεταβεί στην επόμενη φόρμα.

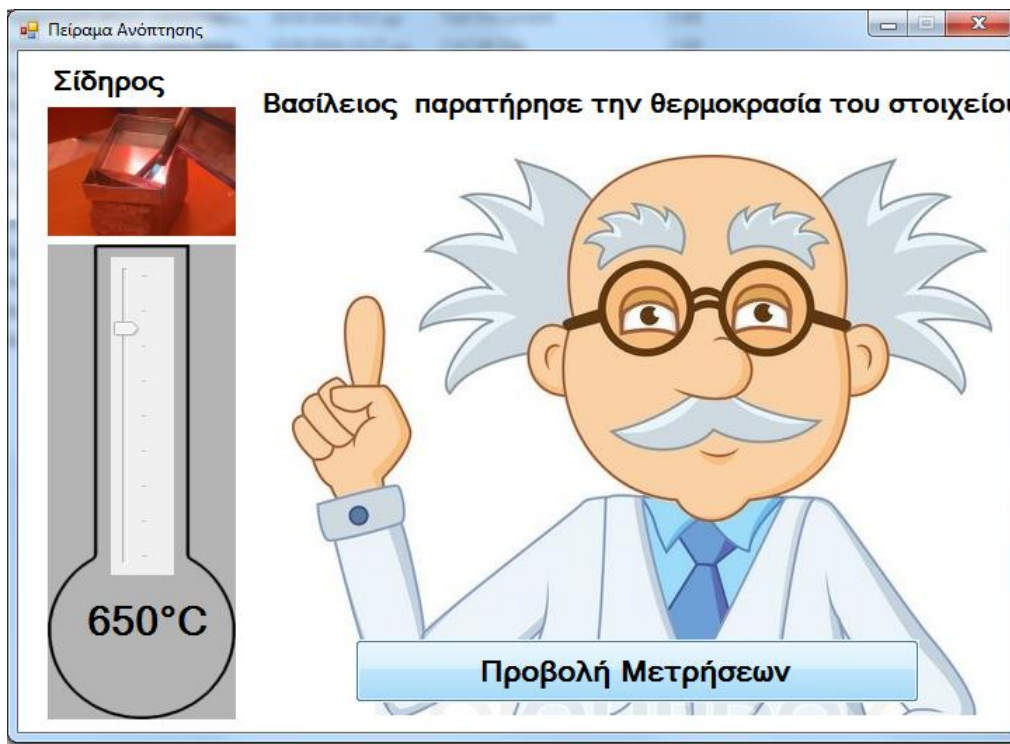


Εικόνα 7.2: Επιλογή στοιχείου προς επεξεργασία και αρχικοποίηση θερμοκρασίας.



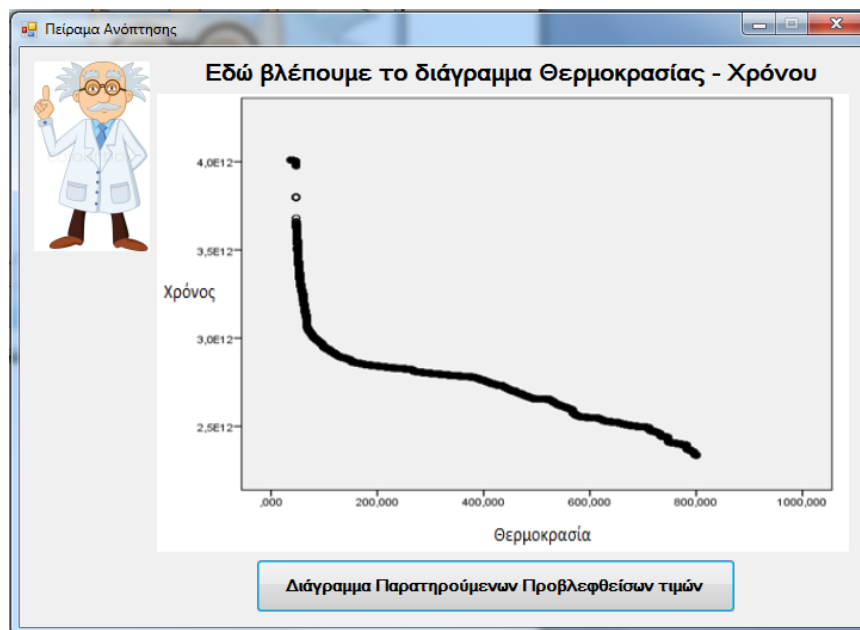
Εικόνα 7.3: Επιλογή στοιχείου προς επεξεργασία και επιλογή της ανώτατης θερμοκρασίας.

Στην φόρμα της Εικόνας 7.4 ο μαθητής μπορεί να παρατηρήσει την εικονική διεξαγωγή του πειράματος που πραγματοποιήσαμε στο εργαστήριο. Έτσι μακριά από τους εργαστηριακούς κινδύνους του δίνεται η δυνατότητα να κατανοήσει την συμπεριφορά του μετάλλου κατά την υποβολή του σε μεγάλες θερμοκρασίες. Στην φόρμα αυτή παρουσιάζεται επίσης και ένα εικονικό θερμόμετρο. Η αρχική θερμοκρασία του θερμομέτρου είναι αυτή που έχει επιλέξει ο μαθητής κατά την εισαγωγή των πειραματικών παραμέτρων στην προηγούμενη φόρμα. Η θερμοκρασία του θερμομέτρου μειώνεται σταδιακά με την πάροδο του χρόνου έως ότου φτάσει στους 0 βαθμούς Κελσίου. Στην συνέχεια ο μαθητής πατώντας το κουμπί “**Προβολή Μετρήσεων**” μπορεί να μεταβεί στην επόμενη φόρμα.



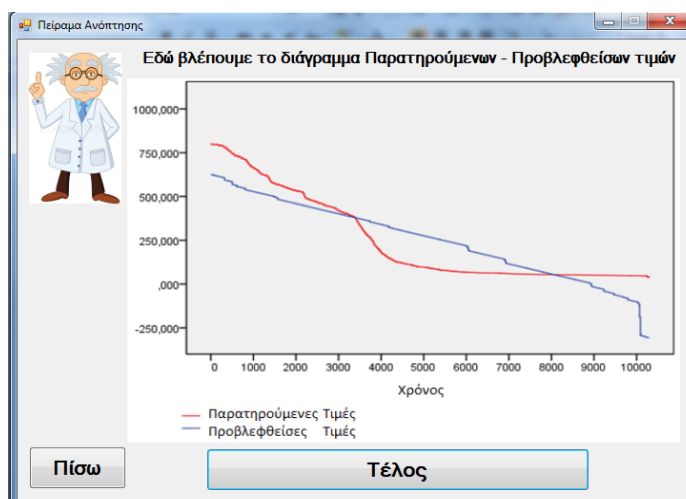
Εικόνα 7.4: Φόρμα εικονικής παρουσίασης της πειραματικής διαδικασίας.

Σε αυτή την φόρμα ο μαθητής μπορεί να παρατηρήσει τα αποτελέσματα του πειράματος που διεξήγαγε στο εργαστήριο καθώς επίσης και το σύνολο των μετρήσεων των τιμών της θερμοκρασίας. Από αυτό το διάγραμμα μπορούμε να εξάγουμε το χρήσιμο συμπέρασμα του ρυθμού μεταβολής της θερμοκρασίας του μετάλλου κατά την θερμική κατεργασία της ανόπτησης. Όπως μπορούμε να δούμε η σχέση των δύο μεταβλητών είναι αντιστρόφως ανάλογη. Στην συνέχεια πατώντας το κουμπί **“Διάγραμμα Παρατηρούμενων-Προβλεφθεισών Τιμών”**, μεταβαίνει στην επόμενη φόρμα των αποτελεσμάτων.



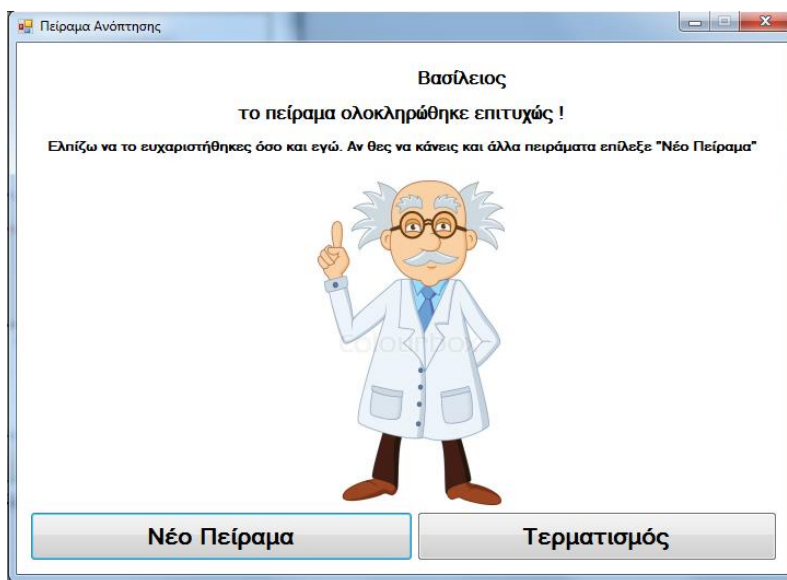
Εικόνα 7.5: Φόρμα παρουσίασης αποτελεσμάτων πειράματος με την βοήθεια του διαγράμματος “Θερμοκρασίας- Χρόνου”.

Στην φόρμα αυτή (Εικόνα 7.6) ο μαθητής έχει την δυνατότητα να παρατηρήσει το διάγραμμα που εξήχθη από την στατιστική μελέτη των μετρήσεων του πειράματος. Επειδή η μελέτη των μετρήσεων αφορά και την μεταβλητή του χρόνου έχει πραγματοποιηθεί και ανάλυση χρονολογικών σειρών, σε μία προσπάθεια να μπορέσουμε να κατασκευάσουμε ένα μοντέλο πρόβλεψης της μεταβολής της θερμοκρασίας με βάση τις πειραματικές μετρήσεις. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται οι καμπύλες των παρατηρούμενων τιμών και των προβλεφθεισών που εξήχθηκαν με την χρήση του χρονολογικού μοντέλου.



Εικόνα 7.6 : Φόρμα παρουσίασης αποτελεσμάτων πειράματος με την βοήθεια του διαγράμματος “Παρατηρούμενων-Προβλεφθεισών Τιμών”.

Στην φόρμα αυτή υπάρχουν και τα κουμπιά “Πίσω” και “Τέλος”. Ο μαθητής πατώντας το κουμπί “Πίσω” μεταβαίνει στην προηγούμενη φόρμα ενώ πατώντας το κουμπί “Τέλος” μεταβαίνει την τελευταία φόρμα αποχαιρετισμού και ολοκλήρωσης της πειραματικής διαδικασίας (Εικόνα 7.7). Στην τελευταία αυτή φόρμα ο μαθητής έχει την δυνατότητα να πραγματοποιήσει ένα καινούριο πείραμα ή να αποχωρήσει από την εφαρμογή. Πατώντας το κουμπί “Νέο Πείραμα” μπορεί να ξεκινήσει μία καινούρια πειραματική διαδικασία, ενώ πατώντας το κουμπί “Τερματισμός” πραγματοποιεί έξοδο από την εφαρμογή και ολοκληρώνει έτσι την όλη προσομοίωση του πειράματος.



Εικόνα 7.7 : Φόρμα αποχαιρετισμού και ολοκλήρωσης της πειραματικής διαδικασίας.

8. Ανακεφαλαίωση - Συμπεράσματα

Στο σημείο αυτό ανακεφαλαιώνοντας διαπιστώσαμε ότι η διαδικασία παρατήρησης, ερμηνείας και μελέτης των θερμοκρασιακών δεδομένων που αφορούν κατεργασίες υλικών είναι επίπονη και δαπανηρή. Γενικότερα, όμως, μπορούμε να πούμε ότι οι περισσότερες πειραματικές διαδικασίες που αφορούν την μελέτη σύνθετων φαινομένων στα εκπαιδευτικά πλαίσια της δευτεροβάθμιας τεχνολογικής εκπαίδευσης είναι σχετικά δυσπρόσιτες. Για τη μελέτη των μεταβολών και την εποπτεία των τιμών των μεγεθών που εμφανίζονται θα χρειαζόμασταν διαδικασίες καταγραφών θερμοκρασίας με συγκεκριμένες και απαιτητικές προδιαγραφές. Θα επιδιώκαμε επίσης το συγκεκριμένο καταγραφικό θερμοκρασίας να ήταν εύχρηστο, πολλαπλών χρήσεων και όσο το δυνατό χαμηλού κόστους. Θα αναζητούσαμε διαδικασίες που να μπορούν να προγραμματιστούν και να επαναχρησιμοποιηθούν. Βασική επιδίωξη θα ήταν το υλικό που θα επεξεργαζόμασταν αυτά τα στοιχεία να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή και την επεξεργασία σε πολλαπλούς τομείς, ή οπουδήποτε απαιτείται η παρακολούθηση της θερμοκρασίας ευαίσθητων προϊόντων ή ακόμα και των περιβαλλοντικών συνθηκών όπου αυτή θα ήταν απαραίτητη. Από το χώρο της Πληροφορικής, αξιοποιήσαμε το πακέτο LabVIEW όπου έχοντας ρυθμίσει κατάλληλα με δικές μας επιλογές το καταγραφικό του παίρνουμε τιμές θερμοκρασίας συσχετισμένους με το χρόνο. Η αξιοποίηση και η συσχέτιση των τιμών αφορά στατιστικές εργασίες μέσω στατιστικού πακέτου IBM Statistics SPSS version 22

Μετά την αναλυτική ενδοσκόπηση και αναζήτηση συσχετίσεων ανάμεσα στις μεταβλητές των φαινομένων που περιγράψαμε τίθεται το ζήτημα της παιδαγωγικής ένταξης της μεθοδολογίας μας. Η παραδοσιακή παιδαγωγική στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση δε θα μπορούσε να εντάξει στα όρια της τέτοιο εύρος αναζητήσεων και συσχετισμών. Αναζητώντας μοντέλα διδασκαλίας και μάθησης στην εποχή μας εστίασαμε στη διδακτική μεθοδολογία που περιγράφεται με τον όρο S.T.E.M..

Μετά την ολοκλήρωση της έρευνάς μας επιχειρήσαμε μέσω μίας προσέγγισης προσομοίωσης μια απλή καταγραφή του αρχικού μας πειράματος. Σε αυτήν προσπαθήσαμε να εντάξουμε τα όσα προέκυψαν από την αξιοποίηση των λογισμικών LabVIEW & S.P.S.S. σε ένα καινούργιο προσομοιωμένο περιβάλλον φιλικό στην μαθητική ψυχολογία. Η προσέγγιση γίνεται σε περιβάλλον ατομικού χρήστη, αφού διερευνήσαμε τα όρια και τα πλαίσια των επιλογών που θα μπορούσε να έχει μια προσομοίωση.

Ως μελλοντική εργασία προτείνουμε την καταγραφή και προσομοιωμένη κατασκευή ανάλογων εφαρμογών που θα μπορούσαν να ενταχθούν στα εκπαιδευτικά πλαίσια της δευτεροβάθμιας τεχνολογικής εκπαίδευσης. Μέσα από αυτές οι μαθητές θα μπορούν να κατανοούν γρήγορα και εύκολα διάφορα πειράματα, μειώνοντας παράλληλα τα διάφορα εργαστηριακά κόστη. Επίσης η κατασκευή μίας διαδικτυακής πλατφόρμας η οποία θα περιέχει ένα ευρύ φάσμα πειραματικών διαδικασιών θα είναι πιο ευέλικτη και ιδιαίτερος αναβαθμίσιμη συγκριτικά με την πρωτότυπη stand alone εφαρμογή που παρουσιάσαμε στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΚΩΔΙΚΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

ΦΟΡΜΑ 1

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;
```

```
namespace WindowsFormsApplication1
{
    public partial class Form1 : Form
    {
```

// Αρχικοποίηση του αντικειμένου Form 1 της κλάσης Form

```
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
            this.FormBorderStyle = System.Windows.Forms.FormBorderStyle.FixedSingle;
        }
```

// Κώδικας λειτουργίας του κουμπιού “Ας ξεκινήσουμε”

```
        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            if (textBox1.Text.Equals(""))
                return;

            Form2 m = new Form2( textBox1.Text );
            m.Show();

            this.Hide();
        }
```

// Κώδικας που ενεργοποιεί το button 1 μετά την συμπλήρωση των στοιχείων του μαθητή.

```
        private void textBox1_TextChanged(object sender, EventArgs e)
        {
            if (!textBox1.Text.Equals(""))
                button1.Enabled = true;
        }
```

// Κώδικας εξόδου από την εφαρμογή.

```

private void Form1_FormClosing(object sender, FormClosingEventArgs e)
{
    if (e.CloseReason == CloseReason.UserClosing)
    {
        DialogResult result = MessageBox.Show("Θέλεις να κλείσεις την εφαρμογή;", "",
        MessageBoxButtons.YesNo);
        if (result == DialogResult.Yes)
        {
            Environment.Exit(0);
        }
        else
        {
            e.Cancel = true;
        }
    }
    else
    {
        e.Cancel = true;
    }
}

private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)
{
}

}
}

```

ΦΟΡΜΑ 2

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;

namespace WindowsFormsApplication1
{
    // Αρχικοποίηση του αντικειμένου Form 2 της κλάσης Form

    public partial class Form2 : Form
    {
        string name="";
        int element = 0;
    }
}

```

```
// Κώδικας αναγραφής του ονόματος του μαθητή στην αρχή της επικεφαλίδας της φόρμας.
```

```
public Form2(string name)
{
    InitializeComponent();
    this.FormBorderStyle = System.Windows.Forms.FormBorderStyle.FixedSingle;

    this.name = name;
    label3.Text = name + " " + label3.Text;
}
```

```
// Κώδικας ορισμού θερμοκρασίας θέρμανσης του μετάλλου.
```

```
private void trackBar1_Scroll(object sender, EventArgs e)
{
    trackBar1.Value = ((trackBar1.Value + 50) / 100)*100;

    label2.Text = string.Format("{0}°C", trackBar1.Value);
}
```

```
// Κώδικας επιλογής μετάλλων και ενεργοποίησης του κουμπιού “Έναρξη Πειράματος”
```

```
private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
{
    element = 1;
    button1.Enabled = true;
}

private void button3_Click(object sender, EventArgs e)
{
    element = 2;
    button1.Enabled = true;
}

private void button4_Click(object sender, EventArgs e)
{
    element = 3;
    button1.Enabled = true;
}

private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Form3 m = new Form3(element, trackBar1.Value, name);
    m.Show();

    this.Hide();
}
```

```
// Κώδικας εξόδου από την εφαρμογή.
```

```
private void Form2_FormClosing(object sender, FormClosingEventArgs e)
{
    if (e.CloseReason == CloseReason.UserClosing)
    {
        DialogResult result = MessageBox.Show("Θέλεις να κλείσεις την εφαρμογή ;", "",
        MessageBoxButtons.YesNo);
    }
}
```

```

        if (result == DialogResult.Yes)
        {
            Environment.Exit(0);
        }
        else
        {
            e.Cancel = true;
        }
    }
    else
    {
        e.Cancel = true;
    }
}

private void Form2_Load(object sender, EventArgs e)
{
}
}
}

```

ΦΟΡΜΑ 3

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;

```

```

namespace WindowsFormsApplication1
{

```

// Αρχικοποίηση του αντικειμένου Form 3 της κλάσης Form

```

    public partial class Form3 : Form
    {
        string name;

```

// Κώδικας παρουσίασης αρχικής θερμοκρασίας επιλογής από την Form 2

```

    public Form3(int element, int degrees, string name)
    {
        InitializeComponent();
        this.FormBorderStyle = System.Windows.Forms.FormBorderStyle.FixedSingle;

        this.name = name;

        label1.Text = string.Format("{0}°C", degrees);
        trackBar1.Value = degrees;

```

```
label3.Text = name + label3.Text;
```

```
// Κώδικας αναγραφής μετάλλου και θερμοκρασιακής μεταβολής του
```

```
if (element == 1)
{
    label2.Text = "Σίδηρος";
    pictureBox3.Visible = true;
}
else if (element == 2)
{
    label2.Text = "Χαλκός";
    pictureBox4.Visible = true;
}
else {
    label2.Text = "Αλουμίνιο";
    pictureBox5.Visible = true;
}
backgroundWorker1.RunWorkerAsync();
}
```

```
// Κώδικας μείωσης θερμοκρασίας στο εικονικό θερμόμετρο
```

```
private void backgroundWorker1_DoWork(object sender, DoWorkEventArgs e)
{
    while(true){

        if ((backgroundWorker1.CancellationPending == true))
        {
            e.Cancel = true;
            break;
        }

        System.Threading.Thread.Sleep(1000);
        backgroundWorker1.ReportProgress(1);
    }
}

private void backgroundWorker1_ProgressChanged(object sender,
ProgressChangedEventArgs e)
{
    if (trackBar1.Value == 0)
    {
        backgroundWorker1.CancelAsync();

        return;
    }
    trackBar1.Value = trackBar1.Value - 50;
    label1.Text = string.Format("{0}°C", trackBar1.Value);
}
}
```

```
// Κώδικας ενεργοποίησης του κουμπιού “Προβολή Μετρήσεων”
```

```
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
```

```

    {
        Form4 m = new Form4(name);
        m.Show();

        this.Hide();
    }

// Κώδικας εξόδου από την εφαρμογή.

private void Form3_FormClosing(object sender, FormClosingEventArgs e)
{
    if (e.CloseReason == CloseReason.UserClosing)
    {
        DialogResult result = MessageBox.Show("Θέλεις να κλείσεις την εφαρμογή;", "",
        MessageBoxButtons.YesNo);
        if (result == DialogResult.Yes)
        {
            Environment.Exit(0);
        }
        else
        {
            {
                e.Cancel = true;
            }
        }
    }
    else
    {
        {
            e.Cancel = true;
        }
    }
}

private void Form3_Load(object sender, EventArgs e)
{
}

}
}

```

ΦΟΡΜΑ 4

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;

namespace WindowsFormsApplication1
{

```

// Αρχικοποίηση του αντικειμένου Form 4 της κλάσης Form

```
public partial class Form4 : Form
{
    string name;

    public Form4(string name)
    {
        InitializeComponent();
        this.FormBorderStyle = System.Windows.Forms.FormBorderStyle.FixedSingle;
        this.name = name;
    }
}
```

// Κώδικας λειτουργίας του κουμπιού “Διάγραμμα Παρατηρούμενων-Προβλεφθεισών Τιμών”

```
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Form5 m = new Form5(name);
    m.Show();

    this.Hide();
}

private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
{
}
}
```

// Κώδικας εξόδου από την εφαρμογή.

```
private void Form4_FormClosing(object sender, FormClosingEventArgs e)
{
    if (e.CloseReason == CloseReason.UserClosing)
    {
        DialogResult result = MessageBox.Show("Θέλεις να κλείσεις την εφαρμογή ;", "",
        MessageBoxButtons.YesNo);
        if (result == DialogResult.Yes)
        {
            Environment.Exit(0);
        }
        else
        {
            e.Cancel = true;
        }
    }
    else
    {
        e.Cancel = true;
    }
}

private void Form4_Load(object sender, EventArgs e)
```

```
{  
    }  
}
```

ΦΟΡΜΑ 5

```
using System;  
using System.Collections.Generic;  
using System.ComponentModel;  
using System.Data;  
using System.Drawing;  
using System.Linq;  
using System.Text;  
using System.Threading.Tasks;  
using System.Windows.Forms;
```

```
namespace WindowsFormsApplication1  
{
```

```
// Αρχικοποίηση του αντικειμένου Form 5 της κλάσης Form
```

```
public partial class Form5 : Form  
{  
    string name;  
    public Form5(string name)  
    {  
        InitializeComponent();  
  
        this.FormBorderStyle = System.Windows.Forms.FormBorderStyle.FixedSingle;  
        this.name = name;  
    }  
}
```

```
// Κώδικας λειτουργίας του κουμπιού “Πίσω”
```

```
private void button2_Click(object sender, EventArgs e)  
{  
    Form4 m = new Form4(name);  
    m.Show();  
  
    this.Hide();  
}
```

```
//Κώδικας λειτουργίας του κουμπιού “Τέλος”
```

```
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)  
{  
    Form6 m = new Form6(name);  
    m.Show();  
  
    this.Hide();  
}
```


// Κώδικας εξόδου από την εφαρμογή.

```

private void Form5_FormClosing(object sender, FormClosingEventArgs e)
{
    if (e.CloseReason == CloseReason.UserClosing)
    {
        DialogResult result = MessageBox.Show("Θέλεις να κλείσεις την εφαρμογή;", "",
        MessageBoxButtons.YesNo);
        if (result == DialogResult.Yes)
        {
            Environment.Exit(0);
        }
        else
        {
            e.Cancel = true;
        }
    }
    else
    {
        e.Cancel = true;
    }
}

private void Form5_Load(object sender, EventArgs e)
{
}
}
}

```

ΦΟΡΜΑ 6

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;

namespace WindowsFormsApplication1
{
    // Αρχικοποίηση του αντικειμένου Form 6 της κλάσης Form

    public partial class Form6 : Form
    {
        string name;

        public Form6(string name)
        {

```

```
InitializeComponent();
this.FormBorderStyle = System.Windows.Forms.FormBorderStyle.FixedSingle;

this.name = name;
label2.Text = name;
}
```

// Κώδικας λειτουργίας του κουμπιού “Νέο Πείραμα”

```
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Form2 m = new Form2(name);
    m.Show();

    this.Hide();
}
```

// Κώδικας λειτουργίας του κουμπιού “Τέλος”

```
private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Environment.Exit(0);
}
```

// Κώδικας εξόδου από την εφαρμογή.

```
private void Form6_FormClosing(object sender, FormClosingEventArgs e)
{
    if (e.CloseReason == CloseReason.UserClosing)
    {
        DialogResult result = MessageBox.Show("Θέλεις να κλείσεις την εφαρμογή ;", "",
        MessageBoxButtons.YesNo);
        if (result == DialogResult.Yes)
        {
            Environment.Exit(0);
        }
        else
        {
            e.Cancel = true;
        }
    }
    else
    {
        e.Cancel = true;
    }
}

private void Form6_Load(object sender, EventArgs e)
{
}
}
```