ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΠΟΙΟΤΗΤΑ

1.1 Η έννοια της Ποιότητας
1.2 Ιστορική Ανασκόπηση
1.3 Η ποιότητα σήμερα
1.4 Ποιότητα και Παραγωγικότητα
1.5 Κόστος της Ποιότητας
1.5.1 Γενικά
1.5.2 Λειτουργικά Κόστη Ποιότητας

2. ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

2.1 Πρότυπα
2.1.1 Στόχοι
2.1.2 Αρχές
2.2 ICE και ISO
2.3 Συστήματα Ποιότητας
2.4 Πιστοποίηση των Συστημάτων Ποιότητας
2.5 Πιστοποίηση : Οφέλη και Προβλήματα
2.6 Πρότυπο 17025

3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

3.1 Γενικά
3.2 Στατιστικές Μέθοδοι
3.3 Στατιστική Διαδικασία Ελέγχου
3.3.1 Γενικά
3.3.2 Στοιχεία
3.3.3 Περιγραφή Στοιχείων με τη χρήση εικόνων
3.3.4 Περιγραφή Στοιχείων με αριθμούς
3.4 Μετρολογία
3.4.1 Μέτρηση
3.4.2 Ιστορική Αναδρομή
3.4.3 Εξέλιξη
3.5 Αιτίες Μεταβλητότητας και Στατιστικός Έλεγχος

4. MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS

4.1 Ορισμός
4.2 Χαρακτηριστικά Μετρητικού Συστήματος
4.2.1 Σταθερότητα
4.2.2 Συστηματικό Σφάλμα
4.2.3 Γραμμικότητα
4.2.3.1 Προσαρμογή σε ευθεία γραμμή
4.2.3.2 Η ακρίβεια της ευθείας αναδρομής
4.2.3.3 Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα
4.2.4 Επαναληψιμότητα
4.2.5 Αναπαραγωγιμότητα
4.3 Απαιτήσεις Μετρητικού Συστήματος
4.4 Προυποθέσεις Πραγματοποίησης MSA
4.5 Μέθοδοι Πραγματοποίησης MSA

4.5.1 ANOVA

4.5.1.1 Εισαγωγή

4.5.1.2 Θεωρητική Ανάλυση των Πειραματικών Δεδομένων

4.5.2 Long Method – AIAG

4.5.2.1 Εισαγωγή

4.5.2.2 Θεωρητική Ανάλυση των Πειραματικών Δεδομένων

4.5.3 Short Method – AIAG

4.5.3.1 Εισαγωγή

4.5.3.2 Θεωρητική Ανάλυση των Πειραματικών Δεδομένων

5. ΜΕΤΡΟΤΕΧΝΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

5.1 Γενικά

5.2 Ο ρόλος του Εργαστηρίου

5.3 Εξοπλισμός

5.4 Εγκαταστάσεις

5.4.1 Χώροι

5.4.2 Αίθουσα Ελεγχόμενων Συνθηκών

5.5 Εφαρμογή Προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025:2005

6. GAGETRAK

6.1 Γενικά

6.2 Χαρακτηριστικά

6.3 Σύντομη Περιγραφή του λογισμικού

6.3.1 Main Records

6.3.2 Calibrations

6.3.3 MSA

6.3.4 Personnel

6.3.5 Reports
6.3.6 Setup
6.3.7 Data Tools
6.3.8 Utilities

7. ΟΔΗΓΙΕΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ MSA

7.1 Οδηγία Εργασίας για Καταχώρηση Μετρητικού Οργάνου
7.1.1 Σκοπός
7.1.2 Εμπλεκόμενα Πρόσωπα
7.1.3 Περιγραφή
7.2 Οδηγία Εργασίας για τον Υπολογισμό της Επαναληψιμότητας (EV)
7.2.1 Σκοπός
7.2.2 Εμπλεκόμενα Πρόσωπα
7.2.3 Περιγραφή
7.3 Οδηγία Εργασίας για τον Υπολογισμό της Αναπαραγωγιμότητας (AV)
7.3.1 Σκοπός
7.3.2 Εμπλεκόμενα Πρόσωπα
7.3.3 Περιγραφή
7.4 Οδηγία Εργασίας για τον Υπολογισμό του Συστηματικού Σφάλματος (Bias)
7.4.1 Σκοπός
7.4.2 Εμπλεκόμενα Πρόσωπα
7.4.3 Περιγραφή
7.5 Οδηγία Εργασίας για τον Υπολογισμό της Γραμμικότητας (Linearity)
7.5.1 Σκοπός
7.5.2 Εμπλεκόμενα Πρόσωπα
7.5.3 Περιγραφή
7.6 Οδηγία Εργασίας για τον Υπολογισμό της Σταθερότητας (Stability)
7.6.1 Σκοπός
7.6.2 Εμπλεκόμενα Πρόσωπα

7.6.3 Περιγραφή

7.7 Συμπεράσματα

8. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

8.1 Μετρήσεις

8.1.1 Μετρητικό Όργανο

8.1.2 Συνθήκες Μέτρησης

8.1.3 Πειραματικά Δεδομένα

8.2 MSA – GRR

8.2.1 Καταχώρηση Μετρήσεων

8.2.2 Αποτελέσματα μελέτης GRR με τη χρήση της ANOVA

8.2.3 Αποτελέσματα μελέτης GRR με τη χρήση της Long Method

8.2.4 Διαγράμματα

8.2.4.1 Range Chart – Appraiser / Part

8.2.4.2 Range Chart – Part / Appraiser

8.2.4.3 Run Chart by Part

8.2.4.4 Average Chart by Appraiser

8.2.4.5 Normalized Individual Chart by Part/appraiser

8.2.4.6 Normalized Individual Chart by Appraiser/part

8.2.4.7 Whiskers Charts by Appraiser / Part

8.2.4.8 Comparison X – Y Plots by Appraiser

8.2.4.9 Scatter Plot

8.2.4.10 Repeatability Range Control Chart

8.2.4.11 Part-Appraiser Average Control Chart

8.2.5 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων GRR – Σύγκριση Αποτελεσμάτων ANOVA και Long Method

8.3 MSA – Linearity & Bias

8.3.1 Καταχώρηση Μετρήσεων

8.3.2 Αποτελέσματα μελέτης Linearity & Bias

8.3.3 Διαγράμματα

9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ GAGETRAK ΣΤΟ ΜΕΤΡΟΤΕΧΝΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

9.1 Γενικά Συμπεράσματα – Προτάσεις

9.2 Πλεονεκτήματα της χρήσης του Gagetrak στο Μετροτεχνικό Εργαστήριο .

9.3 Μειονεκτήματα της χρήσης του Gagetrak στο Μετροτεχνικό Εργαστήριο .

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Αναφορές , Data Sheet και Διαγράμματα

1. ΠΟΙΟΤΗΤΑ

1.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Στη βιβλιογραφία δίνονται πολλοί ορισμοί για την έννοια της ποιότητας .

Ποιότητα ενός προιόντος ή μιας υπηρεσίας είναι :

- Ο βαθμός κατά τον οποίο δεδομένο προιόν ή υπηρεσία ανταποκρίνεται στις ανάγκες δεδομένου χρήστη .

- Η καταλληλότητα για χρήση (Juran 1974) .

- Η συμμόρφωση προς τις απαιτήσεις και τις προδιαγραφές (Crosby 1979) .

- Τα χαρακτηριστικά του προιόντος ή της υπηρεσίας που ικανοποιούν πλήρως ή και ξεπερνούν τις προσδοκίες του πελάτη.
  Τα χαρακτηριστικά του προιόντος ή της υπηρεσίας που ικανοποιούν δεδομένες προδιαγραφές .
  Το σύνολο των ιδιοτήτων και στοιχείων του marketing , της κατασκευής, της παραγωγής και της συντήρησης μέσω των οποίων ένα προιόν ή υπηρεσία συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις του πελάτη .
  Ο βαθμός στον οποίο ένα συγκεκριμένο προιόν συμμορφώνεται με τις προδιαγραφές του σχεδίου του (Τσιότρας 1995) .

- Η καταλληλότητα ως προς το σκοπό (Deming 1982) .

- Ικανοποίηση του πελάτη με το χαμηλότερο δυνατό κόστος (Feigenbaum 1991) .

- Η προσφορά αγαθών τα οποία δεν επιστρέφονται , σε πελάτες που επιστρέφουν (Gower 1994) .

Από τους παραπάνω ορισμούς καταδεικνύονται οι διαφορετικές **βάσεις** της ποιότητας :

- **Λειτουργικά χαρακτηριστικά του προιόντος ή της υπηρεσίας .**

Οι απαιτήσεις των πελατών διαμορφώνουν τις προδιαγραφές σχεδίασης ενός προιόντος . Τα χαρακτηριστικά αυτά διακρίνονται σε πρωτογενή και δευτερογενή και καταγράφονται με μία στρατηγική βασιζόμενη στο χρήστη και στο προιόν . Σύμφωνα με τη στρατηγική αυτή , η ποιότητα ορίζεται ως μία ακριβής και μετρήσιμη μεταβλητή (Garvin 1988) . Στόχος της καταγραφής αυτής είναι η αυξημένη ικανοποίηση των αντίστοιχων αναγκών του πελάτη . Τα πρωτογενή λειτουργικά χαρακτηριστικά είναι οι επιδόσεις ενός προιόντος και τα δευτερογενή χαρακτηριστικά απαρτίζουν το συμπληρωματικό σύνολο ιδιοτήτων που συνεισφέρει στη συνολική δέσμη που αγοράζει ο πελάτης. Ορισμένες φορές η διάκριση μεταξύ πρωτογενών και δευτερογενών χαρακτηριστικών δεν είναι σαφής .

- **Αξιοπιστία και Ανθεκτικότητα .**

Οι δύο αυτές έννοιες σχετίζονται με την εμφάνιση βλάβης στο προιόν όταν αυτό λειτουργεί υπό τις κανονικές και ενδεδειγμένες συνθήκες και είναι μετρήσιμες και αντικειμενικές . Για την μέτρησή τους χρησιμοποιείται ο μέσος χρόνος μέχρι το προιόν να υποστεί την πρώτη βλάβη (mean time to first failure , MTFF) και ο μέσος χρόνος μεταξύ διαδοχικών βλαβών (mean time between failures , MTBF) . Οι έννοιες αυτές μπορούν να εφαρμοστούν εξίσου σε προιόντα και υπηρεσίες αν και γενικά η χρήση τους περιορίζεται σε προιόντα , κυρίως μακροχρόνιας χρήσης . Εξαιτίας της κρισιμότητας

ορισμένων προιόντων , τα χαρακτηριστικά της αξιοπιστίας και της ανθεκτικότητας χαίρουν μεγάλης εκτίμησης . Αυτό ισχύει και στην περίπτωση υψηλού κόστους νεκρού χρόνου λειτουργίας μίας μηχανής .

Η ανθεκτικότητα θεωρείται μέτρο της διάρκειας ζωής του προιόντος . Οι υπηρεσίες έχουν μικρή ή μηδενική ανθεκτικότητα . Στον τεχνικό τομέα , η ανθεκτικότητα αντικατοπτρίζει τη χρονική διάρκεια κατά την οποία το προιόν μπορεί πράγματι να χρησιμοποιηθεί , λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις χρήσης του από το χρήστη . Στην περίπτωση που το προιόν δεν είναι δυνατό να επισκευαστεί από το χρήστη , η επιλογή που απομένει στον καταναλωτή είναι γενικά αν θα ξανακάνει ή όχι την αγορά . Όταν το προιόν έχει εξαρτήματα επισκευάσιμα από το χρήστη , η ανθεκτικότητα του προιόντος μετράται με βάση την εγγύηση , το κόστος επισκευής , μη λειτουργίας και αντικατάστασης εξαρτημάτων . Η μέτρηση περιλαμβάνει επίσης την υπερβατική διάσταση που συνδέεται με τη μόδα , το γούστο και τη συμβολική αξία .

- **Η συμμόρφωση με τις προδιαγραφές .**

Συμμόρφωση είναι ο βαθμός στον οποίο η σχεδίαση και η λειτουργία ενός προιόντος ικανοποιούν τα πρότυπα που ισχύουν . Το χαμηλότερο πρότυπο της ποιότητας είναι η ανταπόκριση στις απαιτήσεις του πελάτη. Οι απαιτήσεις αυτές σε συνδυασμό με τις μηχανικές και κατασκευαστικές διεργασίες διαμορφώνουν τις κατασκευαστικές προδιαγραφές του προιόντος . Η κατασκευαστική στρατηγική επιδιώκει να εξασφαλίσει ότι ελαχιστοποιούνται οι αποκλίσεις από το πρότυπο , δηλαδή από τις σχεδιαστικές προδιαγραφές , δεδομένου ότι κάθε απόκλιση θεωρείται ένδειξη χαμηλής ποιότητας . Βέβαια , η ύπαρξη αποκλίσεων δεν καθιστά το προιόν υποδεέστερο , ωστόσο αποτελεί ένδειξη αδυναμίας της παραγωγικής διαδικασίας να εκπληρώσει τις απαιτήσεις των καθορισμένων προδιαγραφών . Το γεγονός αυτό έχει άμεσες συνέπειες στο συνολικό κόστος παραγωγής . Έτσι , η στρατηγική αυτή χαρακτηρίζεται από αύξηση της ποιότητας (μικρότερες αποκλίσεις) με επικέντρωση στη μείωση του κόστους .

Γενικά , θεωρείται ότι υπάρχουν δύο τρόποι μέτρησης της συμμόρφωσης . Η πρώτη προσέγγιση , σύμφωνα με τον Garvin , αντανακλά την αξιολόγηση του

προιόντος με βάση ένα πρότυπο – τις παραγωγικές τεχνικές του ελέγχου διεργασιών και της δειγματοληψίας . Πολλές από τις τεχνικές αυτές χρησιμοποιούν την προσέγγιση της αποδεκτής συμμόρφωσης , εφόσον βρίσκεται μέσα σε ορισμένα όρια (τη λεγόμενη ανοχή) που ορίζονται στο πρότυπο . Αυτό σημαίνει ότι δε ζητείται ακριβής σύμπτωση με τις προδιαγραφές και ότι κάποια ανοχή είναι αποδεκτή . Η δεύτερη προσέγγιση εκφράζεται στο έργο του Taguchi και αφορά την απώλεια που υφίσταται η κοινωνία μετά την παράδοση του προιόντος . Η μέθοδος αυτή εκτιμά το κόστος της διακύμανσης γύρω από ένα στόχο (από το κέντρο των ορίων των προδιαγραφών στην προηγούμενη προσέγγιση) .

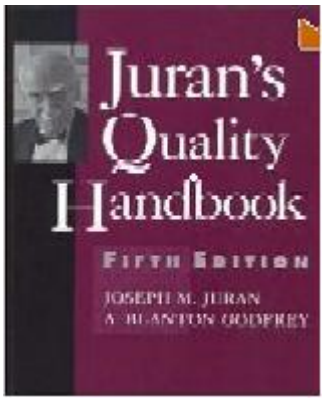
- **Η υποκειμενική αντίληψη της ποιότητας .**

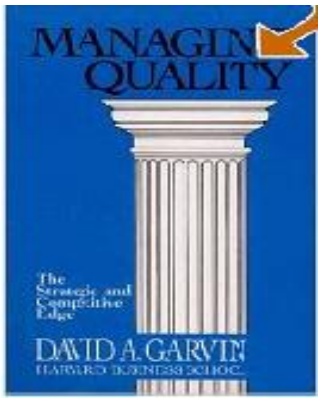
Η αντίληψη αυτή σχετίζεται με την επαρκή ή όχι πληροφόρηση του καταναλωτή για το προιόν και τα χαρακτηριστικά του και με την ψυχολογική κατανόηση της σημασίας της αξίας και του κόστους . Πρόκειται για μία παράμετρο καθαρά υποκειμενική που επηρεάζεται ιδιαίτερα από τη διαφήμιση και οδηγεί στην έννοια της φαινομενικής ποιότητας . Επιπλέον , αυτή η , βασιζόμενη στην αξία , κρίση αντανακλά μία άποψη βαθιά ριζωμένη στη συνείδηση του καταναλωτή , ιδιαίτερα στις κοινωνίες της Δύσης , σύμφωνα με την οποία η ποιότητα ενός προιόντος καθορίζεται από την τιμή του . Η πεποίθηση αυτή δημιουργήθηκε την εποχή που τα προιόντα αγοράζονταν με μοναδικό κριτήριο τη διαβάθμιση της τιμής και κανένα άλλο . Παραδόξως , στις μέρες μας , οι κατασκευαστές προσπαθούν να αναπτύξουν μία στρατηγική χαμηλών τιμών και υψηλής ποιότητας για τα προιόντα τους .

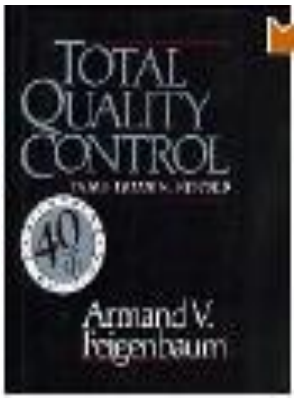
- **Η αισθητική και η εμφάνιση .**

Ίσως η κυριότερη από τις υποκειμενικές διαστάσεις της ποιότητας . Οι επιμέρους καταναλωτές έχουν διαφορετικές επιθυμίες και ανάγκες και ο βαθμός ικανοποίησης ποικίλλει μεταξύ των καταναλωτών . Η αισθητική και η εμφάνιση του προιόντος αντανακλούν προσωπικά ερεθίσματα του καταναλωτή και περιλαμβάνουν μεταβλητές όπως η γεύση , η μυρωδιά , η

αφή , κλπ . . Αν και ατομική στη φύση της , αντανακλά ομαδικούς κανόνες και κλίσεις όπως π.χ. η μόδα .







1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Η εξέλιξη της ποιότητας υπήρξε ουσιαστικά συνεχής κατά τα τελευταία 100 χρόνια .

Την περίοδο πριν τη Βιομηχανική Επανάσταση , η βιομηχανική παραγωγή στηριζόταν αποκλειστικά σε ανεξάρτητες ομάδες τεχνιτών που ήταν υπεύθυνοι τόσο για την παραγωγή όσο και για την πρωτόγονη και άτυπη μορφή ποιοτικού ελέγχου .

Με την έλευση του 20^{ου} αιώνα άρχισε να εμφανίζεται μία ομαδοποίηση των τεχνιτών ή των εργατών που είχαν παρόμοια καθήκοντα και η επίβλεψη των ομάδων ανατέθηκε σε εργοδηγούς , οι οποίοι ήταν υπεύθυνοι για την ποιότητα των προιόντων .

Η έναρξη της Βιομηχανικής Επανάστασης έχει σαν επακόλουθο τη δημιουργία μεγάλων βιομηχανικών συγκροτημάτων , με μεγάλο αριθμό ομάδων παραγωγής , για τον έλεγχο των οποίων ήταν υπεύθυνοι οι λεγόμενοι Επιθεωρητές Παραγωγής που είχαν υποχρέωση να αναφέρονται στους αντίστοιχους εργοδηγούς .

Η τεχνολογική πρόοδος και η ανάπτυξη νέων υλικών και μεθόδων παραγωγής έκανε δύσκολο , αν όχι αδύνατο τον έλεγχο από τους παραδοσιακούς εργοδηγούς και έτσι προέκυψαν οι πλήρως απασχολούμενοι Εργοδηγοί Επιθεώρησης , οι οποίοι αποτελούν την πρώτη προσπάθεια ανεξαρτητοποίησης της Επιθεώρησης από την Παραγωγή . Ο έλεγχος αυτός βασίζεται στην απλή επιθεώρηση και στο δόγμα ‘Αποδοχή – Απόρριψη ‘ δηλαδή στη σύγκριση των παραγόμενων προιόντων ή υπηρεσιών με τις δεδομένες πρωτογενείς μορφές προδιαγραφών .

Κατά τη διάρκεια του Β’ Παγκοσμίου Πολέμου , με την αλματώδη ανάπτυξη της βιομηχανικής παραγωγής πολεμικού υλικού γίνεται πλέον εμφανής η ανάγκη για έλεγχο της ποιότητας . Έτσι , εμφανίζεται , τη δεκαετία του 1950 , η πρώτη μορφή Ποιοτικού Ελέγχου .

Στη συνέχεια , η ανάπτυξη της στατιστικής επιστήμης ήρθε να δώσει ένα πολύ σημαντικό εργαλείο στο υπάρχον σύστημα ποιοτικού ελέγχου , βοηθώντας

σημαντικά τόσο στον έλεγχο του κόστους παραγωγής όσο και στο αποδεκτό επίπεδο ποιότητας των τελικών προιόντων . Με το σύστημα αυτό και την κατάλληλη στελέχωση οι βιομηχανίες μπορούσαν να εγγυηθούν στους πελάτες τους ότι τα χαρακτηριστικά των προιόντων που παρήγαγαν ήταν μέσα στις ανοχές που προέβλεπαν οι σχετικές προδιαγραφές . Ο έλεγχος ποιότητας , όπως εμφανίστηκε και εφαρμόζεται μέχρι σήμερα σε ορισμένες βιομηχανίες , είναι το σύνολο των λειτουργικών τεχνικών διαδικασιών , που επιβεβαιώνουν την ποιότητα ενός προιόντος ή υπηρεσίας βάσει συγκεκριμένων προδιαγραφών . Με αυτόν , δηλαδή , γίνεται επιθεώρηση των προιόντων μετά την παραγωγή και οι αντίστοιχες επανορθώσεις ή διορθωτικές ενέργειες αν διαπιστωθούν αστοχίες από το αρχικό σχέδιο ή προδιαγραφή .

Η αδυναμία του ποιοτικού ελέγχου που έγκειται στο γεγονός ότι εντοπίζει ελαττώματα κατασκευής ή σχεδιασμού μετά την κατασκευή του προιόντος , τότε δηλαδή που το κόστος κατασκευής έχει ήδη καταβληθεί και η επανόρθωση είναι πολύ δύσκολη , καθώς και οι απαιτήσεις των πελατών που άρχισαν να αυξάνονται με εντυπωσιακούς ρυθμούς οδήγησαν στην πρώτη φάση τους μεγάλους οργανισμούς στην υιοθέτηση και εγκαθίδρυση συστημάτων Διασφάλισης της Ποιότητας . Αυτά έχουν την ικανότητα να εξασφαλίζουν ότι η παραγωγή είναι ποιοτική και συνεπώς ο πελάτης θα παραλάβει ακριβώς το προιόν που παραγράφεται στις σχετικές συμβάσεις . Επομένως , Διασφάλιση της Ποιότητας είναι το σύνολο των προγραμματισθέντων ή συστηματικών ενεργειών και διαδικασιών , που είναι απαραίτητες για να εξασφαλίσουν ότι ένα προιόν ή υπηρεσία θα πληροί ορισμένες προδιαγραφές . Πρωτοπόρος στα συστήματα διασφάλισης ποιότητας ήταν ο στρατιωτικός και αργότερα ο διαστημικός τομέας . Οι Η.Π.Α. υιοθέτησαν τη στρατιωτική προδιαγραφή MIL – Q – 9858 δεσμεύοντας όλες τις βιομηχανίες - προμηθευτές του Αμερικανικού Στρατού για την εφαρμογή της , το ΝΑΤΟ ίδρυσε την Ομάδα Εξοπλισμού 259 , υπεύθυνη για τα υλικά εξοπλισμού της Συμμαχίας . Η Στρατιωτική Αντιπροσωπεία Τυποποίησης του ΝΑΤΟ με τη STANAG 4107 υποχρέωσε τα Υπουργεία Εθνικής Άμυνας των χωρών – μελών του , να υιοθετήσουν τη Διασφάλιση Ποιότητας στα Υλικά τους που προορίζονται για τον εξοπλισμό της συμμαχίας . Το 1987 ο Διεθνής

Οργανισμός Τυποποίησης (ISO – International Standardisation Organization) εξέδωσε τα πρότυπα που σχετίζονται με τη διασφάλιση της ποιότητας , δηλαδή τη σειρά ISO 9000 .

Από τα παραπάνω αναφερθέντα συστήματα , κανένα δεν υπόσχεται ποιοτικά προιόντα με ταυτόχρονη μείωση του κόστους , πλήρη αξιοποίηση και ανάπτυξη του διαθέσιμου προσωπικού , εφαρμογή καινοτομιών , συνεχή βελτίωση και πλήρη συμμετοχή στην προσπάθεια όλων των επιπέδων των εργαζομένων . Τα στοιχεία που εκλείπουν από τα παραπάνω συστήματα αποτελούν το βασικό κορμό του Συστήματος Διοίκησης Ολικής Ποιότητας που είναι το πιο σύγχρονο , ευέλικτο , αποτελεσματικό και εύκολα ελεγχόμενο σύστημα ποιότητας . Η έννοια της Ολικής Ποιότητας προυποθέτει τη συμμετοχή όλου του προσωπικού του οργανισμού , σε μία αλυσίδα διαδικασιών και ανθρώπων που απαρτίζεται από εσωτερικούς και εξωτερικούς πελάτες και προμηθευτές , με μόνο στόχο τη διατήρηση και βελτίωση του επιπέδου ποιότητας των παραγόμενων προιόντων και υπηρεσιών . Επομένως , Διοίκηση Ολικής Ποιότητας είναι το σύνολο των δραστηριοτήτων και μεθόδων που εφαρμόζεται από τον οργανισμό , με στόχο την ικανοποίηση του πελάτη και την ταυτόχρονη ενεργοποίηση όλου του δυναμικού (έμψυχου και άψυχου) του οργανισμού με το μικρότερο δυνατό κόστος .

1.3 Η ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΣΗΜΕΡΑ

Στη σημερινή εποχή , οι σύγχρονες επιχειρήσεις αναζητούν το βέλτιστο συνδυασμό ποιοτικής απόδοσης και υψηλής παραγωγικότητας ώστε τα προιόντα τους να είναι ανταγωνιστικά . Έτσι , ο σχεδιασμός της παραγωγικότητας πραγματοποιείται παράλληλα με το σχεδιασμό του συστήματος ποιότητας με χρήση συστημάτων που προσπαθούν να εντάξουν τις σύγχρονες αντιλήψεις περί ποιοτικού ελέγχου στις απαιτήσεις των προηγμένων παραγωγικών συστημάτων . Επομένως , η ποιότητα και η παραγωγικότητα έχουν πάψει πια να αντιμετωπίζονται σαν παράγοντες με αντικρουόμενους ανταγωνιστικούς στόχους που η επίτευξή του ενός αποκλείει αυτήν του άλλου και αντίστροφα .

1.4 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ

Με τη βελτίωση της στάθμης της ποιοτικής λειτουργίας μίας παραγωγικής μονάδας επέρχεται **αύξηση της παραγωγικότητας** αφού :

- Μειώνονται οι επανακατεργασίες και οι επικαλύψεις των καθηκόντων .
- Βελτιώνεται η επικοινωνία και κατά συνέπεια μειώνεται ο χρόνος συνεννόησης και γίνεται σωστή συνεννόηση εξαρχής .
- Αποσαφηνίζονται οι ανάγκες των πελατών και έτσι καθένας γνωρίζει ακριβώς τι πρέπει να κάνει για να μη χρειαστεί ο συνάδελφός του της επόμενης φάσης , να προβεί σε περιττές ενέργειες .
- Υπάρχει γρηγορότερη ανταπόκριση στα παράπονα και τις απαιτήσεις των εξωτερικών πελατών .
- Μειώνονται οι νεκροί χρόνοι των μηχανημάτων λόγω βλαβών ή καθυστερήσεων της παραγωγής .
- Ελαχιστοποιούνται οι απαιτούμενοι έλεγχοι του προιόντος και της παραγωγής .

Όσο περισσότερο προχωρά το πρόγραμμα βελτίωσης της ποιότητας τόσο αυξάνεται η παραγωγικότητα , χωρίς να χρειάζονται πρόσθετες επενδύσεις σε ανθρώπινο δυναμικό ή σε εξοπλισμό . Πρόκειται για μία πολύ σημαντική εξέλιξη που συντελεί στην αύξηση του κέρδους .

1.5 ΚΟΣΤΟΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

1.5.1 Γενικά .

Ο στόχος κάθε επιχείρησης είναι η μεγιστοποίηση της διαφοράς της πραγματικής του αξίας και του κόστους παραγωγής του .
Όμως , σε πολύ χαμηλά επίπεδα ποιότητας το προιόν δε θα είναι επιτυχημένο αφού δε θα λειτουργεί αποδοτικά ενώ θα απαιτεί υψηλό κόστος επισκευής . Αντίθετα , ένα προιόν υψηλής ποιότητας ενδέχεται να έχει αυξημένο κόστος παραγωγής δηλαδή αυξημένη προστιθέμενη αξία .
Στο παρελθόν , επικρατούσε η εσφαλμένη αντίληψη ότι η υψηλή στάθμη ποιότητας συνεπάγεται πολύ υψηλό κόστος παραγωγής . Ευτυχώς , τα τελευταία χρόνια αυτή η αντίληψη ξεπεράστηκε και έχει αναγνωριστεί η σημασία της μετρησιμότητας του κόστους της ποιότητας για τη διοικητική και τεχνολογική διαχείριση . Η μέτρηση του κόστους αυτού αποτελεί τη βάση αξιολόγησης όλων των επενδυτικών προγραμμάτων που αφορούν την ποιότητα .

1.5.2 Λειτουργικά Κόστη Ποιότητας .

Η έννοια του κόστους ποιότητας περιλαμβάνει δύο κύριες συνιστώσες , τα λεγόμενα **λειτουργικά κόστη ποιότητας** :

I. **Το κόστος ελέγχου της ποιότητας .**
   Είναι οι δαπάνες που διατίθενται για τον ορισμό , τη δημιουργία και τον έλεγχο της ποιότητας όπως και για την αξιολόγηση και πληροφόρηση σχετικά με την ποιοτική συμμόρφωση , την αξιοπιστία και τις απαιτήσεις για την ασφάλεια . Το κόστος ελέγχου της ποιότητας περιλαμβάνει τα παρακάτω στοιχεία :

a. Το κόστος πρόληψης .

Είναι το κόστος των ενεργειών που απαιτούνται για την αποφυγή της παραγωγής ελαττωματικών προιόντων , δηλαδή το χρηματικό ποσό που χρειάζεται να δαπανηθεί για την ποιοτική αναβάθμιση του συστήματος παραγωγής .

Αυτό περιλαμβάνει :

- Τον πλήρη σχεδιασμό του συστήματος ποιότητας .
- Τον έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας .
- Το σχεδιασμό και την ανάπτυξη του πληροφοριακού εξοπλισμού του σχετικού με την ποιότητα .
- Την εκπαίδευση σε θέματα ποιότητας και την ανάπτυξη – εξέλιξη του εργατικού δυναμικού .
- Την επιβεβαίωση του σχεδίου του προιόντος .
- Τη διαχείριση και ανάπτυξη του συστήματος ποιότητας .
- Άλλα προληπτικά κόστη .

b. Το κόστος εκτίμησης .

Είναι το κόστος των ενεργειών που απαιτούνται για τη διατήρηση του επιθυμητού επιπέδου ποιότητας .

Αυτό περιλαμβάνει :

- Τον έλεγχο και επιθεώρηση όλων των αγοραζόμενων στοιχείων και υλικών .
- Τον εργαστηριακό έλεγχο αποδοχής .
- Όλες τις διαδικασίες μέτρησης και τις εργαστηριακές δοκιμές.
- Την επιθεώρηση .
- Τον έλεγχο και τις δοκιμές .
- Το προσωπικό ελέγχων και δοκιμών .
- Τον απαιτούμενο χρόνο προετοιμασίας όλων των στοιχείων της παραγωγικής λειτουργίας πριν τον έλεγχο ή την επιθεώρηση .
- Τον απαιτούμενο εξοπλισμό και τα υλικά για την εκτέλεση του ελέγχου και της επιθεώρησης .

- Τις επιθεωρήσεις ποιότητας .
- Τα απαιτούμενα εξωτερικά μέσα υποστήριξης του συστήματος .
- Τη συντήρηση , ρύθμιση και εξακρίβωση του εξοπλισμού ελέγχου , δοκιμών και παροχής πληροφοριών σχετικά με την ποιότητα .
- Τον επαναπροσδιορισμό και επανεξέταση της χρησιμοποιούμενης μηχανολογικής τεχνολογίας και των πρακτικών πακεταρίσματος και αποστολής .
- Τον ποιοτικό έλεγχο .

II. Το κόστος αποτυχίας του ελέγχου .

Είναι οι δαπάνες που διατίθενται για την παραγωγή υλικών και την παραγωγή προιόντων που δε συμμορφώνονται με τις ποιοτικές προδιαγραφές . Το κόστος αποτυχίας του ελέγχου περιλαμβάνει τα παρακάτω στοιχεία :

a. Το κόστος εσωτερικών αστοχιών .

Είναι το κόστος που προκύπτει από τη μη ικανοποιητική ποιότητα στο εσωτερικό της επιχείρησης , δηλαδή το κόστος από τα ελαττωματικά προιόντα και υλικά , από τις επανακατεργασίες και από τις καθυστερήσεις της παραγωγής . Αυτό περιλαμβάνει :

- Τα ελαττωματικά προιόντα .
- Τις επανακατεργασίες .
- Τις προμήθειες υλικών .
- Το χρόνο καθυστερήσεων για διορθωτικές ενέργειες σε προβλήματα που σχετίζονται με την ποιότητα .

b. Το κόστος εξωτερικών αστοχιών .

Είναι το κόστος που προκύπτει από τη μη ικανοποιητική ποιότητα στο εξωτερικό περιβάλλον της επιχείρησης , δηλαδή το κόστος από

τη χαμηλή απόδοση των προιόντων , τη χαμηλή αξιοπιστία , τις επιστροφές και τα παράπονα των πελατών .

Αυτό περιλαμβάνει :

- Τα παράπονα εντός των πλαισίων εγγύησης .
- Τα παράπονα εκτός των πλαισίων εγγύησης .
- Τη συντήρηση , επισκευή και υποστήριξη του προιόντος.
- Την ευθύνη του προιόντος .
- Την ανάκληση του προιόντος .

2. ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

2.1. ΠΡΟΤΥΠΑ

Η τυποποίηση έχει τις ρίζες της στη βιομηχανία , αλλά πρόσφατα διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν τεράστιες δυνατότητες για την επέκταση της εφαρμογής της ως τεχνική βελτίωσης της αποτελεσματικότητας στη διαχείριση, το εμπόριο και τις υπηρεσίες όπως είναι η τροφοδοσία , οι τραπεζικές συναλλαγές και η ασφάλιση . Οι κατάλληλα διαμορφωμένες προδιαγραφές των προτύπων είναι πολύτιμες για την ενίσχυση των αποφάσεων και την καταγραφή της ανάπτυξης . Ορισμένες φορές εφαρμόζονται με άμεση εντολή αλλά πιο συχνά με δημοκρατική συμμετοχή και συμβιβασμό .

2.1.1 Στόχοι .

Οι μέθοδοι και οι αρχές έχουν επίσημα καθιερωθεί από τον Οργανισμό Διεθνών Προτύπων (ISO) . Οι στόχοι είναι οι εξής :

- Η συνολική οικονομία βάσει της ανθρώπινης προσπάθειας , υλικών , δύναμης κλπ , για την παραγωγή και ανταλλαγή αγαθών.
- Η προστασία των ενδιαφερόντων του καταναλωτή μέσω επαρκούς και συνεπούς ποιότητας αγαθών και υπηρεσιών .
- Η ασφάλεια , η υγεία και η προστασία της ζωής .
- Η παροχή μέσων έκφρασης και επικοινωνίας σε όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη .

Τις τελευταίες τρεις δεκαετίες , έχει αλλάξει η έμφαση που δίνεται στα πρότυπα . Αρχικά , η έμφαση δινόταν στη μηχανολογία και στη μείωση της παραγόμενης ποικιλίας προιόντων και αφορούσε σε θέματα που κυμαίνονταν από την ποικιλία έως την πρακτική του τμήματος σχεδιασμού , το ελικοειδές τμήμα της βίδας , τα προτιμώμενα μεγέθη καλωδίων , τις ράβδους κλπ . . Αυτό εξαπλώθηκε στα προβλήματα του διεθνούς εμπορίου και ιδιαίτερα του μετρικού συστήματος , μαζί με την επικέντρωση σε μεθόδους δοκιμών και πιστοποίησης . Πιο πρόσφατα , τα πρότυπα επικεντρώθηκαν στα συστήματα ποιότητας , στον ορθολογισμό των δημοσίων προτύπων αγορών και των προτύπων που απαιτούνται για τη συμφωνία με τις Ευρωπαικές Οδηγίες . Αναπόφευκτα το άμεσο μέλλον θα απαιτεί πρότυπα για την πληροφορική , το λογισμικό και τις υπηρεσίες .

2.1.2 Αρχές .

Για την επίτευξη αυτών των στόχων έχουν δημιουργηθεί επτά αρχές βάσει της πεποίθησης ότι η απόλυτη ελευθερία και ο κίνδυνος , που είναι πολύ επιθυμητά για την ανάπτυξη ενός κόσμου υψηλής τεχνολογίας , απαιτούν ένα πλαίσιο , κάποιο βαθμό τάξης και πειθαρχίας .

I. Η τυποποίηση είναι η τέχνη της απλοποίησης που προκύπτει από τη συνειδητή προσπάθεια της κοινωνίας . Οδηγεί σε μείωση της πολυπλοκότητας αλλά στοχεύει επίσης και στην πρόληψη της περιττής πολυπλοκότητας στο μέλλον .

II. Η τυποποίηση είναι τόσο κοινωνική όσο και οικονομική δραστηριότητα και πρέπει να προωθείται από την αμοιβαία συνεργασία όλων των ενδιαφερομένων . Η δημιουργία ενός προτύπου πρέπει να βασίζεται στην κοινή συναίνεση .

III. Η απλή δημοσίευση ενός προτύπου δεν έχει μεγάλη αξία , εκτός αν μπορεί να εφαρμοστεί . Η εφαρμογή μπορεί να απαιτεί θυσίες από τους λίγους για το καλό των πολλών .

IV. Η δράση που αναλαμβάνεται κατά τη δημιουργία των προτύπων είναι ουσιαστικά αυτή της επιλογής που ακολουθείται από τον καθορισμό .

V. Τα πρότυπα πρέπει να επανεξετάζονται σε τακτά χρονικά διαστήματα και να αναθεωρούνται , όταν κρίνεται σκόπιμο .

VI. Όταν καθορίζονται η επίδοση ή άλλα χαρακτηριστικά , ο καθορισμός πρέπει να περιλαμβάνει περιγραφή των μεθόδων και των δοκιμών που πρόκειται να εφαρμοστούν ώστε να καθοριστεί εάν ένα δεδομένο προιόν συμφωνεί με τον καθορισμό . Όταν πρόκειται να υιοθετηθεί η δειγματοληψία , πρέπει να καθοριστούν η μέθοδος καθώς και το μέγεθος και η συχνότητα των δειγμάτων .

VII. Η ανάγκη για νομική ενίσχυση των εθνικών προτύπων πρέπει να εξεταστεί προσεκτικά , λαμβάνοντας υπόψη τη φύση του προτύπου , το επίπεδο της βιομηχανοποίησης και τους νόμους και τις συνθήκες που επικρατούν στην κοινωνία για την οποία έχει προετοιμαστεί το πρότυπο.

Από το 1972 , οπότε και εκδόθηκαν όλες αυτές οι αρχές έχει επιβεβαιωθεί στην πράξη και έχει αποδειχθεί ότι είναι περιεκτικές . Επίσης , πρέπει να λάβουμε υπόψη αυτούς τους στόχους και τις αρχές όταν εξετάζουμε πώς και πού να χρησιμοποιήσουμε την τυποποίηση σε αναζήτηση της ποιότητας ή να ενισχύσουμε τη διείσδυση σε ξένες αγορές . Αυτό σημαίνει να ακολουθούνται τουλάχιστον τα εθνικά πρότυπα μίας χώρας σχετικά με την ασφάλεια και την ευθύνη . Η υιοθέτηση των διεθνών προτύπων διευκολύνει αυτή τη διαδικασία και μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο νομικών αξιώσεων για ευθύνη .

2.2 IEC ΚΑΙ ISO

Οι δύο βασικοί φορείς που σε παγκόσμια κλίμακα δημιουργούν πρότυπα είναι η Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (IEC) και ο Οργανισμός Διεθνών Προτύπων (ISO) . Η IEC επικεντρώνεται σε πρότυπα που αφορούν στον ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό τομέα . Ο ISO ασχολείται με τα μη ηλεκτρικά πρότυπα . Και οι δύο εδρεύουν στην Ελβετία και καταλαμβάνουν τα αντίθετα άκρα του ίδιου κτιρίου , αλλά έχουν διαφορετική ταυτότητα και διακανονισμούς εργασίας . Λειτουργούν σε μία βάση επιτροπής , παρέχοντας διοικητική και γραμματειακή υποστήριξη για να φέρνουν σε επαφή τους απαραίτητους ειδικούς . Τα αποτελέσματα των προσπαθειών τους εκδίδονται ως πρότυπα της IEC ή του ISO ή από οποιαδήποτε εθνική επιτροπή .

Η IEC ιδρύθηκε το 1906 και από τότε έχει δημιουργήσει μία βάση από ουσιαστικά πρότυπα για ζητήματα όπως είναι η ορολογία , οι μέθοδοι δοκιμών και οι θεμελιώδεις μονάδες , συμπεριλαμβανομένου του διεθνούς συστήματος μονάδων (S.I.) . Ο αδελφικός της οργανισμός , ο ISO ιδρύθηκε το 1947 και η εργασία του πάνω στα πρότυπα είναι ζωτικής σημασίας , όπως π.χ. τα πρότυπα που δημιούργησε για τα μετρικά ελικοειδή τμήματα των βιδών του ISO . Κατόπιν συμφωνίας οι δύο αυτοί φορείς δε συναγωνίζονται και , λόγω της ένταξης των ηλεκτρικών και μη ηλεκτρικών θεμάτων σε όλες τις βιομηχανίες σήμερα , συνεργάζονται σε αυξανόμενη κλίμακα . Και οι δύο έχουν υιοθετήσει τη Γαλλική και την Αγγλική γλώσσα ως επίσημες και οι δύο εκδόσεις τους είναι δίγλωσσες .

Οι περισσότερες χώρες γίνονται μέλη αυτών των οργανισμών . Οι μεγαλύτερες και καλύτερα αναπτυγμένες χώρες συμμετέχουν επειδή η επιρροή ή η ενασχόληση με τη διαδικασία καθορισμού των προτύπων αποτελεί προυπόθεση των εμπορικών συναλλαγών για να γίνει κάποιος κυρίαρχος της αγοράς . Οι μικρότερες ή αναπτυσσόμενες χώρες αρχίζουν να έχουν το πλεονέκτημα της συνεργασίας με αναγνωρισμένους ειδικούς και ορισμένες από αυτές έχουν πρόσβαση στην πλούσια πείρα τους . Πάντως ,

όλες οι χώρες απολαμβάνουν τα οφέλη που απορρέουν από το βήμα συνομιλιών σχετικά με τις τελευταίες εξελίξεις στην τεχνολογία και την κατάσταση της τέχνης .

2.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Η διοίκηση ποιότητας μέσα σε έναν οργανισμό δημιουργεί τις κατευθυντήριες γραμμές για την εφαρμογή της σωστής διοίκησης . Η φιλοσοφία που διέπει αυτά τα συστήματα ποιότητας έγκειται στον προσδιορισμό των ενδεχόμενων προβλημάτων και της κακής ή μειωμένης επίδοσης που έχει σχέση με το εμπορικό εγχείρημα και την πρόληψη αυτών .

Τα βασικά βήματα για τη δημιουργία των συστημάτων ποιότητας περιλαμβάνουν :

- Τη δήλωση της πολιτικής και τους αντικειμενικούς στόχους .
- Τον προσδιορισμό της οργανωτικής δομής και των τομέων της ευθύνης .
- Τον προσδιορισμό των βασικών δραστηριοτήτων και των λειτουργιών μέσα στον οργανισμό , συμπεριλαμβανομένου του πως σχετίζεται και αλληλεπιδρά ο οργανισμός με τους πελάτες του .
- Τον προσδιορισμό και την τεκμηρίωση των συγκεκριμένων λειτουργικών μεθόδων και διαδικασιών και των μηχανισμών ελέγχου χρησιμοποιώντας την αποδεδειγμένα καλύτερη πρακτική .
- Τον καθορισμό των σαφών οδηγιών σχετικά με το πως αυτές διεξάγονται και τη διασφάλιση ότι αυτές οι οδηγίες εφαρμόζονται.
- Τον καθορισμό συγκεκριμένων προτύπων επίδοσης και διορθωτικών μέτρων εάν η επίδοση μειωθεί κάτω από το πρότυπο .
- Την επινόηση κατάλληλων συστημάτων καταγραφής .
- Τον καθορισμό και την εφαρμογή της απαραίτητης εκπαίδευσης του προσωπικού .

Αυτές οι ενέργειες πρέπει να εντάσσονται σε ένα πρόγραμμα δράσης και οι προυποθέσεις για τη δημιουργία συστημάτων ποιότητας σε κάθε οργανισμό , πρέπει να περιλαμβάνουν την απόλυτη αφοσίωση από την ανώτατη διοίκηση.

2.4 ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Η πιστοποίηση αποτελεί δήλωση ότι η παραγωγική διαδικασία ή η υπηρεσία ακολουθεί κάποιο συγκεκριμένο πρότυπο . Τα πρότυπα σχετικά με την ποιοτική διοίκηση είναι αυτά που αρχικά είχε εκδώσει ο ISO ως σειρά ISO 9000 , και στην Ευρώπη η CEN ως σειρά EN 29000 . Οι δύο σειρές είναι συνώνυμες με το πρώην πρότυπο του HB BS 5750 και χρησιμοποιήθηκαν για να αποκτηθεί πρόσβαση στις ποιοτικές δυνατότητες των επιχειρήσεων (όλα έχουν τώρα αντικατασταθεί από το BS ISO 9000) .

Η εκτίμηση των συστημάτων ποιότητας μίας επιχείρησης στο Ηνωμένο Βασίλειο διεξάγεται από έναν αναγνωρισμένο φορέα , συνήθως από το Βρετανικό Πρότυπο BS 5750 . Οι εταιρείες με διεθνή ενδιαφέροντα αναζητούν την ευρύτερα αποδεκτή πιστοποίηση ISO 9000 . Αντίθετα από τα περισσότερα πρότυπα , αυτά τα πρότυπα ποιότητας δεν καθορίζουν τα χαρακτηριστικά του προιόντος , αλλά καταγράφουν τις βασικές προυποθέσεις του συστήματος ποιότητας .

Η επίσημη εκτίμηση των επιχειρήσεων σύμφωνα με το Διεθνές Πρότυπο για τα συστήματα ποιότητας είναι λιγότερο διαδεδομένη σε άλλες Ευρωπαικές χώρες από ότι στο Ηνωμένο Βασίλειο . Στη Γαλλία , ένας νέος εθνικός φορέας ο Γαλλικός Σύνδεσμος Διασφάλισης της Ποιότητας (AFAQ) ιδρύθηκε για να συντονίσει την ανεξάρτητη πιστοποίηση των επιχειρήσεων βάσει του EN 29000 . Τα πρότυπα του συστήματος ποιότητας συνεχώς επεκτείνονται ώστε να συμπεριλάβουν βιομηχανίες υπηρεσιών και τις πρόσφατες ζητήσεις για ποιότητα λογισμικού .

2.5 ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ : ΟΦΕΛΗ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

Η διαδικασία της πιστοποίησης σύμφωνα με κάποιο πρότυπο είναι για τις περισσότερες εταιρείες χρονοβόρα και δαπανηρή . Ωστόσο , τα οφέλη που αποκομίζει μία εταιρεία από τη διαδικασία αυτή είναι σημαντικά .

Το σημαντικότερο , ίσως , όφελος είναι η λεπτομερής εξέταση των ικανοτήτων του εργατικού δυναμικού και της ικανότητας του να ασπάζεται την πειθαρχία που απαιτεί το επιλεγμένο πρότυπο . Επιπλέον , η ευσυνείδητη τεκμηρίωση όλων των μη κατάλληλων ενεργειών , είτε μέσα στον οργανισμό είτε από τους προμηθευτές και τους υπεργολάβους και άλλους παρέχει στη διοίκηση ένα ακριβές βαρόμετρο ικανότητας και διευκολύνει τη διόρθωση των επαναλαμβανόμενων λαθών . Τα αρχεία των μη κατάλληλων ενεργειών έχουν σημαντική αξία για τον εκτιμητή για παρόμοιους λόγους . Το κόστος της μη καταλληλότητας και της διορθωτικής της δράσης είναι δύσκολο να υπολογιστεί ποσοτικά , ιδιαίτερα σε μικρές εταιρείες , αλλά γενικά θεωρείται ότι ισοδυναμεί με το 4 – 5% των συνολικών εσόδων από τις πωλήσεις . Όποιο κι αν είναι το πραγματικό ποσοστό , είναι σαφές ότι οι απώλειες είναι σημαντικές . Κάθε σύστημα που μπορεί να μειώσει τις απώλειες αυτές , θα εξοικονομήσει αρκετά χρήματα ώστε να καλυφτούν το αρχικό και το συνεχόμενο κόστος ενός επιτυχημένου συστήματος ποιότητας και να συμβάλλουν θετικά στο ακαθάριστο κέρδος . Τέλος , η εγγραφή , με τα αναγνωρισμένα σήματά της , παρέχει εμπιστοσύνη στους υπάρχοντες και στους νέους πελάτες . Επομένως , υπάρχουν περισσότερες πιθανότητες για να κάνουν παραγγελίες και συνεπώς να προσδώσουν στην εταιρεία ένα μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς.

Το σημαντικότερο πρόβλημα που προκύπτει από την πιστοποίηση είναι η ανάγκη το ανώτατο προσωπικό να ασχολείται με τη συνεχή διαδικασία της παρακίνησης των υπαλλήλων στην πειθαρχία σχετικά με την ποιότητα . Επιπλέον , ορισμένοι υπάλληλοι είναι πιθανό να μη μπορούν να αποδεχτούν αυτή την πειθαρχία . Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ακούσια μετακίνηση ικανού προσωπικού . Εφόσον επιτευχθεί η εγγραφή , παραμένει το ζήτημα της διατήρησής της . Αυτό μπορεί να είναι ένα σημαντικό πρόβλημα . Η πειθαρχία

σχετικά με την ποιότητα πρέπει να παρακολουθείται και να επιθεωρείται , ώστε οι τακτικές εκτιμήσεις που γίνονται από το φορέα πιστοποίησης , να έχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα .

2.6 ΠΡΟΤΥΠΟ 17025

Η πρώτη έκδοση του προτύπου ISO / IEC 17025 : 1999 εκπονήθηκε ως αποτέλεσμα της εκτεταμένης εμπειρίας από την εφαρμογή του οδηγού ISO / IEC 25 και του EN 45001 , τα οποία αντικατέστησε . Η δεύτερη έκδοση του προτύπου αυτού ISO / IEC 17025 : 2005 ακυρώνει και αντικαθιστά την πρώτη. Στο πρότυπο αυτό έχουν ενσωματωθεί όλες οι απαιτήσεις του ISO 9001 , οι οποίες σχετίζονται με το αντικείμενο των υπηρεσιών δοκιμών και διακριβώσεων και που καλύπτονται από το σύστημα διαχείρισης του εργαστηρίου .

Το πρότυπο αυτό καθορίζει τις γενικές απαιτήσεις ικανότητας για τη διεξαγωγή δοκιμών ή / και διακριβώσεων , συμπεριλαμβανομένης της δειγματοληψίας . Αυτό καλύπτει δοκιμές και διακριβώσεις που εκτελούνται με τη χρήση προτύπων μεθόδων , μη προτύπων μεθόδων και μεθόδων που έχουν αναπτυχθεί από το εργαστήριο .

3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ο Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας (Statistical Quality Control) ξεκίνησε τη δεκαετία του 1920 στα Bell Telephone Laboratories των Η.Π.Α. , όπου αναπτύχθηκαν σχεδόν ταυτόχρονα δύο μεγάλες περιοχές : ο έλεγχος ποιότητας αποδοχής και ο έλεγχος παραγωγικής διαδικασίας .

Ο **Έλεγχος Ποιότητας Αποδοχής** (Acceptance Sampling) ξεκίνησε από τη διαπίστωση ότι ο 100% έλεγχος του συνόλου των προιόντων μίας παραγωγικής διαδικασίας είναι εξαιρετικά κοστοβόρος και έτσι καθίσταται ασύμφορος . Συνεπώς έπρεπε να αναζητηθεί ένας περισσότερο αποτελεσματικός τρόπος διαχωρισμού των καλών και των ελαττωματικών προιόντων . Έτσι , ο Harold Dodge και ο Harry Romig ανέπτυξαν μία καινούρια μέθοδο για το διαχωρισμό των ελαττωματικών από τα καλά προιόντα με δειγματοληπτικούς ελέγχους των παρτίδων παραγωγής . Σύμφωνα με τη νέα μέθοδο αυτή , η αποδοχή ή απόρριψη συγκεκριμένης παρτίδας εξαρτάται από την ποιότητα περιορισμένου αριθμού μονάδων , που ανήκουν σε τυχαίο δείγμα από την παρτίδα αυτή .

Ο **Έλεγχος της Παραγωγικής Διαδικασίας** (Process Control) εισάγει για πρώτη φορά την έννοια της πρόληψης στον έλεγχο ποιότητας . Η αρχική του ανάπτυξη οφείλεται στον Walter Shewhart , ο οποίος συνειδητοποίησε ότι η διασπορά τιμών ενός χαρακτηριστικού ποιότητας κατά την παραγωγή δε μπορεί να αποφευχθεί . Διαπίστωσε , ακόμη , ότι ένα μέρος της εν λόγω διασποράς οφείλεται σε συγκεκριμένα αίτια (συστηματικές μεταβολές) , τα οποία μπορούν να εντοπισθούν και να διορθωθούν . Για να διευκολύνει τη διάκριση ανάμεσα σε τυχαίες και συστηματικές μεταβολές , ο Shewhart σχεδίασε απλές στατιστικές τεχνικές και αντίστοιχα διαγράμματα ελέγχου και πρότεινε τρόπους βελτίωσης της ποιότητας με εξάλειψη των αιτίων των

συστηματικών μεταβολών . Τα διαγράμματα ελέγχου που εισήγαγε ο Shewhart εξακολουθούν και σήμερα να είναι ευρύτερα χρησιμοποιούμενα εργαλεία για τον έλεγχο ομαλής λειτουργίας των παραγωγικών διαδικασιών .

Ο στατιστικός έλεγχος ποιότητας γνώρισε ιδιαίτερη ανάπτυξη στις Η.Π.Α. κατά το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο , με τη δημιουργία στατιστικών πινάκων και προτύπων για την υποβοήθηση της παραγωγής και της παραλαβής ικανοποιητικής ποιότητας όπλων και πυρομαχικών από μεγάλο αριθμό προμηθευτών . Τα πρώτα μαθήματα ελέγχου ποιότητας σε πανεπιστημιακό επίπεδο έγιναν στο Carnegie Institute of Technology το 1941 και στο Stanford University το 1942 . Η πρώτη επιστημονική εταιρεία ελέγχου ποιότητας (American Society for Quality Control) δημιουργήθηκε το 1946 στις Ηνωμένες Πολιτείες .

Η εφαρμογή των μεθόδων του στατιστικού ελέγχου ποιότητας δεν ατόνησε με την εμφάνιση των νέων τάσεων που οριοθετούν τις δύο επόμενες φάσεις της ιστορικής εξέλιξης . Αντίθετα , δόθηκε νέα ώθηση μετά το 1980 με την ανάπτυξη τρίτης μεγάλης περιοχής του στατιστικού ελέγχου ποιότητας , που επικεντρώνεται στη βελτίωση ποιότητας κατά τη φάση σχεδίασης προιόντων και παραγωγικών διαδικασιών με τη βοήθεια στατιστικών πειραμάτων .

3.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η αναγκαιότητα των στατιστικών μεθόδων ελέγχου της ποιότητας κατασκευής υπαγορεύτηκε από τη μεταβλητότητα και την αναξιοπιστία των παραγωγικών διαδικασιών . Όσες προσπάθειες και αν καταβληθούν για την παραγωγή πανομοιότυπων προιόντων , οι αποκλίσεις από τις επιθυμητές τιμές είναι αναπόφευκτες έστω και αν αυτές εντοπίζονται σε ένα μικρό μόνον ποσοστό της συνολικής παραγωγής . Οι αποκλίσεις αυτές μπορεί να οφείλονται είτε σε τυχαίες είτε σε συστηματικές αιτίες .

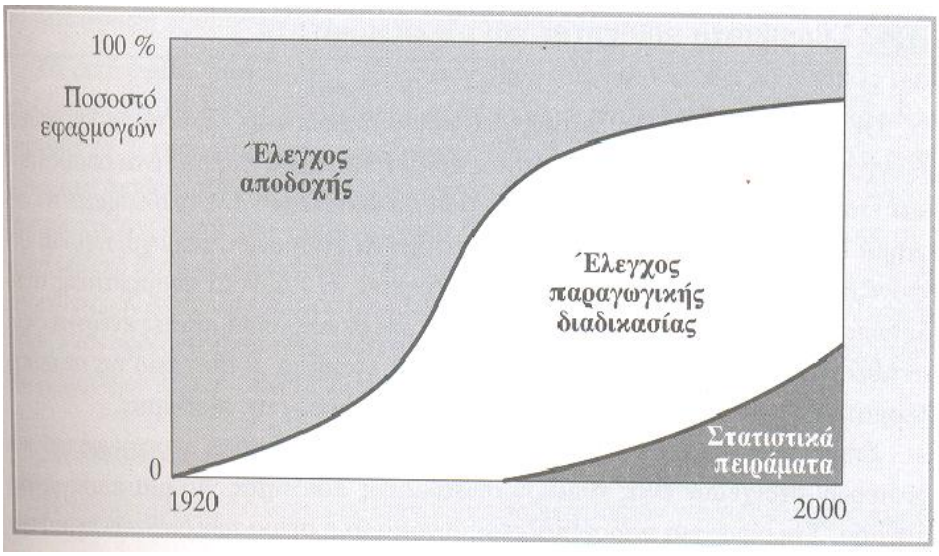
Τυχαίες αιτίες είναι εκείνες οι οποίες είναι πρακτικά αδύνατο να ελεγχθούν και να διατηρηθούν σε απόλυτα σταθερά επίπεδα κατά την παραγωγή , όπως π.χ. τυχαίες ξαφνικές αλλαγές του εξωτερικού περιβάλλοντος .

Συστηματικές αιτίες είναι εκείνες οι οποίες είναι εφικτό να ελέγχονται , ώστε σε περίπτωση που δημιουργούν κάποιο πρόβλημα ποιότητας να είναι δυνατή η ρύθμιση ή διόρθωσή τους , εφόσον βέβαια εντοπισθούν με κάποια μέθοδο ελέγχου . Παραδείγματα συστηματικών αιτιών είναι η φθορά του κοπτικού εργαλείου σε μία κατεργασία κοπής μετάλλων ή η μεταβολή της περιεκτικότητας σε ορισμένο συστατικό ενός διαλύματος , που χρησιμοποιείται σαν πρώτη ύλη σε μία χημική διεργασία .

Ανεξάρτητα από το αν οι αποκλίσεις οφείλονται μόνο σε τυχαίες αιτίες ή σε συνδυασμό τυχαίων και συστηματικών , τα χαρακτηριστικά ποιότητας των παραγόμενων προιόντων έχουν μεταβαλλόμενες τιμές , είναι δηλαδή τυχαίες μεταβλητές , σύμφωνα με τη στατιστική ορολογία . Επομένως , ο έλεγχος συμμόρφωσης των χαρακτηριστικών ποιότητας προς ορισμένες προδιαγραφές είναι από τη φύση του στατιστικό πρόβλημα . Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο στον πυρήνα οποιασδήποτε σοβαρής επιστημονικής προσπάθειας για βελτίωση της ποιότητας βρίσκονται στατιστικές μέθοδοι . Οι μέθοδοι αυτές περιλαμβάνουν τεχνικές της κλασσικής στατιστικής , όπως π.χ. οι στατιστικές εκτιμήσεις , αλλά για τους σκοπούς του ελέγχου ποιότητας κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούνται ορισμένες στατιστικές τεχνικές ειδικά

προσαρμοσμένες στις ανάγκες του ελέγχου ποιότητας , που αποκαλούνται συνολικά τεχνικές του 'Στατιστικού Ελέγχου Ποιότητας' .

Όπως προαναφέρθηκε παραπάνω , ο στατιστικός έλεγχος ποιότητας άρχισε να αναπτύσσεται τη δεκαετία του 1920 στις Η.Π.Α. και η ανάπτυξή του συνεχίζεται μέχρι σήμερα με την έρευνα για εισαγωγή νέων αποτελεσματικότερων μεθόδων . Τρεις είναι οι μεγάλες περιοχές του στατιστικού ελέγχου ποιότητας : ο Έλεγχος Ποιότητας Αποδοχής , ο Έλεγχος Παραγωγικής Διαδικασίας και η Βελτιστοποίηση Ποιότητας με στατιστικά πειράματα .

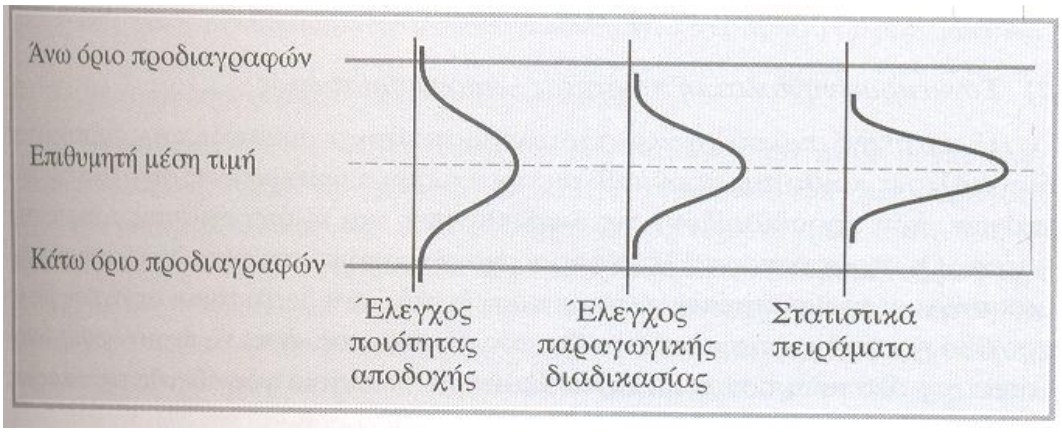


ΠΗΓΗ : Στατιστικός Έλεγχος Μετρήσεων , Γιώργος Ταγαράς

Αρχικά , ο έλεγχος ποιότητας περιορίζεται στην προσπάθεια διαχωρισμού ανάμεσα σε καλά και ελαττωματικά προιόντα ή ανάμεσα σε αποδεκτές και απορριπτέες παρτίδες , με εφαρμογή των δειγματοληπτικών σχημάτων ελέγχου ποιότητας αποδοχής , ιδιαίτερα κατά την παραλαβή α' υλών ή εξαρτημάτων από τους προμηθευτές . Στη συνέχεια , οι προσπάθειες επικεντρώνονται στη λειτουργία των παραγωγικών διαδικασιών . Οι τεχνικές του ελέγχου παραγωγικής διαδικασίας (ιδιαίτερα τα διαγράμματα ελέγχου) επιστρατεύονται για την επίβλεψη της ομαλής λειτουργίας και τον εντοπισμό και εξάλειψη συστηματικών αιτιών αποκλίσεων από τις επιθυμητές τιμές . Η μεθοδευμένη εισαγωγή και χρήση τέτοιων τεχνικών οδηγεί συνήθως στις

πρώτες σημαντικές βελτιώσεις ποιότητας και παραγωγικότητας , με ταυτόχρονη μείωση του συνολικού κόστους ποιότητας .

Το υψηλότερο επίπεδο ωριμότητας της επιχείρησης από άποψη ελέγχου ποιότητας σηματοδοτείται από το σχεδιασμό και τη διενέργεια στατιστικών πειραμάτων με στόχο τη μείωση της μεταβλητότητας στα κύρια χαρακτηριστικά ποιότητας των προιόντων . Ειδικότερα , ο σχεδιασμός πειραμάτων (design of experiments) αποσκοπεί στον προσδιορισμό εκείνου του συνδυασμού παραμέτρων του προιόντος και της παραγωγικής διαδικασίας (π.χ. θερμοκρασία) , που επιτρέπει την ελάχιστη δυνατή διασπορά τιμών του χαρακτηριστικού ποιότητας γύρω από την επιθυμητή μέση τιμή .



ΠΗΓΗ : Στατιστικός Έλεγχος Μετρήσεων , Γιώργος Ταγαράς

Στο παραπάνω σχήμα , φαίνεται η επίδραση των τεχνικών στατιστικού ελέγχου ποιότητας στη μεταβλητότητα και τα ποσοστά ελαττωματικών των παραγόμενων προιόντων . Τα καλύτερα αποτελέσματα προκύπτουν συνήθως από την παράλληλη εφαρμογή των στατιστικών πειραμάτων και του ελέγχου παραγωγικής διαδικασίας .

3.3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

3.3.1 Γενικά .

Η στατιστική επιστήμη ασχολείται με την ανάλυση και την ερμηνεία των στοιχείων σε καταστάσεις που τις χαρακτηρίζει η αβεβαιότητα και η μεταβλητότητα . Αυτή η μεταβλητότητα είναι αναπόφευκτη στις περισσότερες βιομηχανικές συνθήκες , και γι'αυτό η στατιστική σκέψη πρέπει να διαποτίζει όλες τις αναλύσεις των βιομηχανικών στοιχείων . Αυτό ισχύει ιδιαίτερα στην περίπτωση του ελέγχου των βιομηχανικών διαδικασιών .

3.3.2 Στοιχεία .

Τα αριθμητικά στοιχεία στην στατιστική ανάλυση μπορούν να λάβουν δύο μορφές :

1. Συνεχή στοιχεία .
2. Διακριτά στοιχεία .

Τα **συνεχή στοιχεία** είναι παρατηρήσεις που προκύπτουν από συνεχείς μεταβλητές . Η συνεχής μεταβλητή είναι μία μέτρηση που δεν έχει περιορισμούς στις τιμές που μπορούν να παρατηρηθούν εκτός από τους φυσικούς περιορισμούς της διαδικασίας που τις δημιουργεί . Το μόνο όριο που έχει ο δεκαδικός αριθμός αφορά αυτό στο οποίο αναφέρεται η διάσταση και είναι η ανάλυση του εξοπλισμού μέτρησης .
Αντίθετα , **τα διακριτά στοιχεία** μπορεί να αποτελούνται από μη αρνητικούς ακέραιους αριθμούς .
Αυτά αποτελούνται από υπολογισμούς των φορών που κάτι συμβαίνει (συχνότητα των μετρήσεων) και όχι από μετρήσεις . Στα πλαίσια της διασφάλισης της ποιότητας , η μέτρηση συνήθως αφορά τον αριθμό των

τεμαχίων ενός δείγματος που είναι κατά κάποιο τρόπο ελαττωματικά . Όταν χρησιμοποιούνται αυτές οι μετρήσεις σε μία διαδικασία ποιοτικού ελέγχου , η διαδικασία περιγράφεται 'ανά ιδιότητες' , με τις εν λόγω ιδιότητες να αποτελούν την ελαττωματικότητα .

3.3.3 Περιγραφή Στοιχείων με τη χρήση εικόνων .

Οι προσεγγίσεις για τα συνεχή και διακριτά στοιχεία διαφέρουν ελάχιστα .

1. **Συνεχή στοιχεία .**
   Τα στοιχεία αυτά παρουσιάζονται εικονογραφικά χρησιμοποιώντας ένα ιστόγραμμα . Αυτό μπορεί να γίνει με διαίρεση της παρατηρηθείσας έκτασης της μεταβλητής με έναν αριθμό κατάλληλων 'μεσολαβούντων' διαστημάτων ίδιου εύρους και με τη μέτρηση του αριθμού των τεμαχίων των στοιχείων που παρουσιάζεται σε κάθε μεσοδιάστημα .

2. **Διακριτά στοιχεία .**
   Ως διακριτά στοιχεία μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μόνο τιμές ακέραιων αριθμών και δεν είναι απαραίτητο να χρησιμοποιήσουμε μεσοδιαστήματα κλιμάκων .

3.3.4 Περιγραφή Στοιχείων με αριθμούς .

Ενώ οι εικόνες αποτελούν έναν πολύ περιεκτικό τρόπο σύνοψης και παρουσίασης στοιχείων , δε μπορούν να αποθηκευτούν και να διαχειριστούν αλγεβρικά . Αυτό είναι και το μειονέκτημά τους . Για να γίνει αυτό χρειαζόμαστε αριθμούς που να συνοψίζουν τα στοιχεία και όχι τα ίδια τα σημεία . Αυτοί οι αριθμοί είναι γνωστοί ως 'Συνοπτικά Μέτρα' και αποτελούν διαφορετικές μετρήσεις που χρησιμοποιούνται για την ποσοτικοποίηση διαφορετικών πλευρών των στοιχείων . Οι πιο χρήσιμες συνοπτικές μετρήσεις είναι τα 'Μέτρα της Θέσης' και τα 'Μέτρα της Διασποράς' .

Τα **Μέτρα Θέσης** περιγράφουν τη θέση του μέσου των στοιχείων . Γενικά , χρησιμοποιούνται τρεις τιμές : η μέγιστη τιμή , η διάμεση τιμή και η αριθμητική μέση τιμή .

Τα **Μέτρα Διασποράς** μετρούν την εξάπλωση των στοιχείων σε σχέση με τη μέση τιμή . Ο σκοπός της μέτρησης διασποράς είναι να παρέχει ένα μόνο αριθμό για κάθε δείγμα , ο οποίος ποσοτικοποιεί την ‘εξάπλωση’ .

3.4 ΜΕΤΡΟΛΟΓΙΑ

3.4.1 Μέτρηση .

Υπάρχουν διάφοροι ορισμοί του όρου μέτρηση , που μπορεί να βρει κανείς στα εθνικά και διεθνή λεξιλόγια και στα τεχνικά γλωσσάρια . Ενώ οι διάφοροι ορισμοί διαφέρουν σε λεπτομέρειες , όλοι φέρουν τη βασική ιδέα :

Μέτρηση είναι η διαδικασία απόδοσης μίας τιμής σε μία δεδομένη φυσική ποιότητα , όπως είναι το μήκος μίας ράβδου , η θερμοκρασία του φουρνέλου και η ηλεκτρική αντίσταση ενός θερμαντικού στοιχείου .

Ο πλέον προφανής και οικείος τρόπος με τον οποίο η μέτρηση συμμετέχει στην ποιότητα του προιόντος είναι μέσω της δοκιμής των προιόντων ως προς μία σχετική προδιαγραφή , μετά από το πέρας της παραγωγής . Οι δοκιμές μπορούν να διεξαχθούν σε κάθε προιόν ή σε επιλεγμένα δείγματα του προιόντος . Μπορούν να διεξαχθούν από τον κατασκευαστή ή τον αγοραστικό φορέα , από έναν αντιπρόσωπο του πελάτη ή εκπρόσωπο νομικών συμφερόντων . Επιπλέον , παρόμοιες δοκιμές μπορούν να λάβουν χώρα όσο το προιόν βρίσκεται στο ράφι ή συντηρείται , για να παρακολουθείται η συνεχής συμφωνία του με την προδιαγραφή .
Ενώ η δοκιμή του ολοκληρωμένου προιόντος μπορεί να είναι η πιο προφανής παρέμβαση της μέτρησης στην ποιότητα του προιόντος , ο ρόλος της μέτρησης μπορεί να αρχίσει πολύ νωρίτερα στη διάρκεια της ζωής του προιόντος . Σε πολλές περιπτώσεις , διεξάγονται δοκιμές κατά τη διάρκεια της παραγωγής , στο μερικώς συναρμολογημένο προιόν ή στα βασικά συστατικά , για να διασφαλιστεί ότι η παραγωγική διαδικασία εξελίσσεται σύμφωνα με το πρόγραμμα και για να υπάρχει δυνατότητα επίτευξης των απαιτούμενων προσαρμογών στη διαδικασία .
Για πολλά ή τα περισσότερα είδη προιόντων , η διαδικασία μέτρησης θα έχει σημαντικό αντίκτυπο ακόμα και πριν αρχίσει η παραγωγή . Ένα παράδειγμα αποτελεί η δοκιμή των μοντέλων και των πρωτοτύπων για να προβλεφθεί η

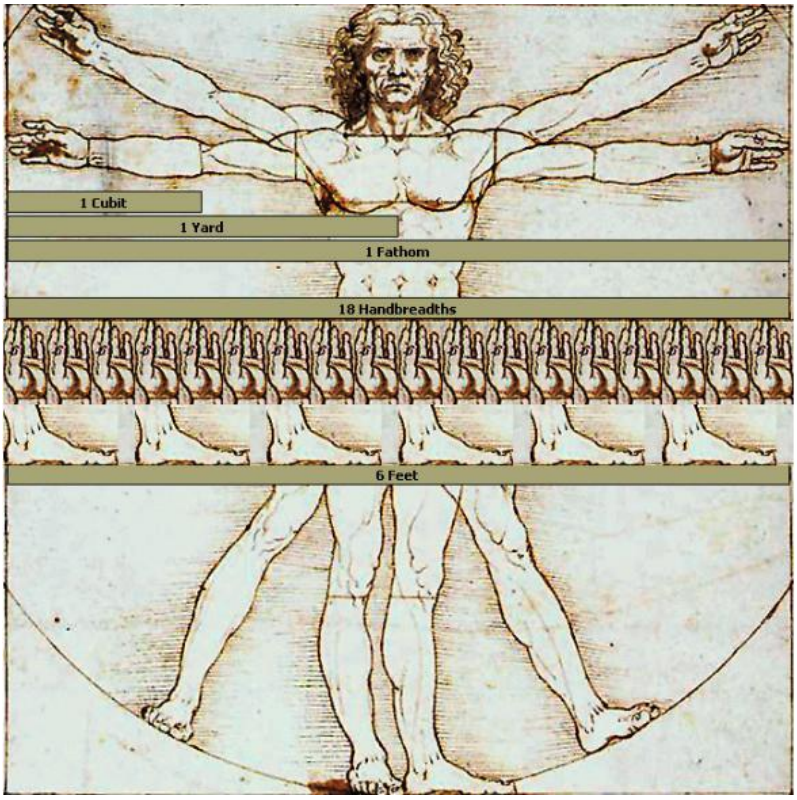
απόδοση των σχεδιασμένων προιόντων ή για να καταδειχθεί η συμφωνία με τις νόμιμες απαιτήσεις όπως αυτές που προκύπτουν από τη νομοθεσία για το περιβάλλον , τα μέτρα και τα σταθμά .
Γενικότερα , η ανάπτυξη και η εγκατάσταση του παραγωγικού εξοπλισμού θα πρέπει να περιλαμβάνουν λεπτομερείς δραστηριότητες ή προβληματισμούς πριν από τη μέτρηση . Αυτό είναι απαραίτητο ώστε να διασφαλιστεί ότι ο εν λόγω εξοπλισμός λειτουργεί στα όρια των απαιτούμενων αντοχών ώστε να αποδώσει ένα τελικό προιόν που να ανταποκρίνεται στα καθορισμένα χαρακτηριστικά του σχεδιασμού ή της απόδοσης . Δεν είναι εφικτή η δημιουργία εγκαταστάσεων παραγωγής κάθε πολύτιμου τεχνικού εξοπλισμού χωρίς προηγούμενο προγραμματισμό των απαιτήσεων και συνυπολογισμό των τεχνικών και οικονομικών περιορισμών που προκύπτουν από τους προβληματισμούς σχετικά με τη μέτρηση .

3.4.2 Ιστορική Αναδρομή .

Η ανάγκη εύρεσης μονάδων μέτρησης εμφανίστηκε από τα πρώτα βήματα της ανθρωπότητας . Τα μέτρα και τα σταθμά ήταν από τις πρώτες ανακαλύψεις του ανθρώπου . Τις βάσεις για τη δημιουργία των πρώτων μετρητικών συστημάτων αποτέλεσε το ίδιο το σώμα του ανθρώπου . Έτσι , από τις πρώτες μονάδες που δημιουργήθηκαν είναι τα δάκτυλα , η παλάμη , ο βραχίονας , το πόδι , το βήμα , κ.ά. . Σε περιπτώσεις μέτρησης αποστάσεων μεγάλης κλίμακας , τις μονάδες αποτελούσαν η απόσταση βολής πέτρας , η απόσταση που διανύει σε μια μέρα ένας πεζός , η περίοδος του ήλιου , της σελήνης , κ.ά. . Ανάλογα με τις περιστάσεις , παρόμοιες μονάδες χρησιμοποιούνται ακόμα και σήμερα .

Παρά την κοινή ρίζα των περισσότερων μετρητικών συστημάτων , τα συστήματα αυτά διέφεραν από περιοχή σε περιοχή. Έτσι είχαμε την παράλληλη ανάπτυξη πολλών συστημάτων κάτι που καθιστούσε δύσκολες τις συναλλαγές μεταξύ των λαών , ο μικρός αριθμός των οποίων , όμως , δεν είχε

δημιουργήσει ακόμα την ανάγκη για την εύρεση ενός παγκόσμιου κοινώς αποδεκτού μετρητικού συστήματος .



3.4.3 Εξέλιξη .

Οι πρώτες αρχές και εφαρμογές της μετρολογίας αναπτύχθηκαν εδώ και περισσότερα από 5000 περίπου χρόνια στην αρχαία Αίγυπτο με σκοπό τον αξιόπιστο έλεγχο των συναλλαγών . Η ανάγκη για καθιέρωση κοινά αποδεκτών μονάδων μέτρησης σε διεθνές επίπεδο οδήγησε στην υιοθέτηση το 1799 στο Παρίσι του πρότυπου κιλού ως μονάδας μέτρησης της μάζας . Το 1875 μετά από σχετική συμφωνία 17 χωρών υπογράφηκε η «σύμβαση του μέτρου» και ιδρύθηκε το Διεθνές Γραφείο Μέτρων και Σταθμών στο Παρίσι . Το 1960 καθιερώθηκε διεθνώς το Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.) , το οποίο ισχύει και σήμερα .

Αντικείμενο της μετρολογίας είναι η αξιοπιστία των μετρήσεων που πραγματοποιούνται σε όλο το φάσμα της καθημερινής μας ζωής για τον

έλεγχο της βιομηχανικής παραγωγής , της ποιότητας , των συναλλαγών , την έρευνα , το περιβάλλον , την υγεία και την ασφάλεια . Σήμερα , ένα ποσοστό περίπου 6% του Ακαθάριστου Εθνικού Προϊόντος (ΑΕΠ) των ανεπτυγμένων χωρών διατίθεται σε δραστηριότητες που αφορούν μετρήσεις .

Η σύγχρονη μετρολογία χαρακτηρίζεται από την προσπάθεια απαγκίστρωσης των μονάδων μέτρησης από φυσικά αντικείμενα , τα οποία ούτε να αναπαραχθούν μπορούν με απολύτως ταυτόσημες ιδιότητες ούτε να διατηρηθούν αναλλοίωτα με το πέρασμα του χρόνου . Η απαίτηση για όλο και μεγαλύτερη ακρίβεια των μετρήσεων οδήγησε στην αντικατάστασή τους από πειραματικές διαδικασίες που μπορούν να παράγουν μια συγκεκριμένη ποσότητα ενός καλά καθορισμένου φυσικού μεγέθους με σχεδόν απόλυτο τρόπο και με πολύ υψηλή ακρίβεια .

Έτσι, η μετρολογία σήμερα εστιάζει σε τρεις τομείς δραστηριότητας :

- Τον ορισμό των μονάδων μέτρησης , π.χ. το μέτρο .
- Τον προσδιορισμό πειραματικών και φυσικών διαδικασιών μέσω των οποίων αναπαράγονται οι μονάδες μέτρησης (υλοποίηση μονάδων) , για παράδειγμα η αναπαραγωγή της μονάδας του μέτρου με τη χρήση laser .
- Τον καθορισμό της αλυσίδας ιχνηλασιμότητας προσδιορίζοντας και εκτιμώντας την αβεβαιότητα μιας μέτρησης και διαδίδοντας την ακρίβεια αυτή στον τελικό χρήστη .

Η μετρολογία ανάλογα με το πεδίο εφαρμογής της διακρίνεται σε Επιστημονική – Βασική , Βιομηχανική και Νομική Μετρολογία .

Αντικείμενο της Επιστημονικής – Βασικής Μετρολογίας είναι η μελέτη και η έρευνα στο πεδίο των μετρήσεων για την τήρηση και την ανάπτυξη προτύπων και μεθόδων μέτρησης με σκοπό την υλοποίηση των μονάδων μέτρησης , βελτίωση της ακρίβειας και της αξιοπιστίας των μετρήσεων .

Η βιομηχανική μετρολογία εφαρμόζεται στο πεδίο της βιομηχανικής παραγωγής και του ελέγχου ποιότητας των βιομηχανικών προϊόντων με

σκοπό την ικανοποίηση καθορισμένων προτύπων συστημάτων ποιότητας, περιβαλλοντικής διαχείρισης , υγιεινής & ασφάλειας εργασίας (ISO 9001, ISO 14001 , OHSAS 18001 , HACCP) , προτύπων και προδιαγραφών παραγωγής και ελέγχου ποιότητας προϊόντων καθώς και απαιτήσεων ελέγχου διεργασιών και κόστους λειτουργίας .

Η νομική μετρολογία αφορά στον έλεγχο μετρητικής αξιοπιστίας καθορισμένων μετρητικών διατάξεων σύμφωνα με διεθνή πρότυπα , εθνικούς νόμους και κανονισμούς με σκοπό την προστασία του καταναλωτή , την ασφάλεια , την υγεία και την αξιοπιστία των εμπορικών συναλλαγών .

3.5 ΑΙΤΙΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

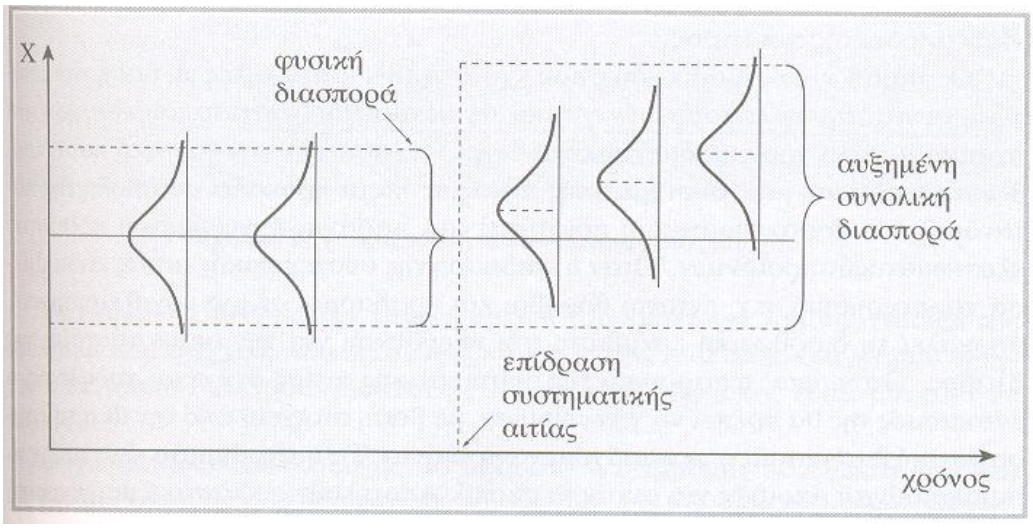
Κοινό χαρακτηριστικό όλων των διαδικασιών παραγωγής προιόντων ή παροχής υπηρεσιών είναι αναντίρρητα η ύπαρξη εγγενούς ή φυσικής μεταβλητότητας . Όσο καλά και αν σχεδιαστεί , συντηρηθεί και εποπτευθεί μία διαδικασία , θα υπάρχουν οπωσδήποτε κάποιες μικρές έστω διαφορές στα χαρακτηριστικά ποιότητας των παραγόμενων προιόντων ή υπηρεσιών . Εκείνο το οποίο διαφοροποιεί τις διαδικασίες ως προς την ποιότητά τους , δεν είναι η παρουσία ή απουσία της μεταβλητότητας αλλά το μέγεθος της .

Η φυσική μεταβλητότητα αποτελεί τη συνισταμένη της επίδρασης πολλών αναπόφευκτων παραγόντων , που ονομάζονται τυχαίες αιτίες (random causes, common causes) . Οι **τυχαίες αιτίες** , όπως π.χ. αλλαγές του εξωτερικού περιβάλλοντος ή μικρές διαφοροποιήσεις μίας φυσικής πρώτης ύλης , είναι πρακτικά αδύνατο να απαλειφθούν κατά τη διαδικασία παραγωγής .

Οι τυχαίες αιτίες δεν είναι οι μόνες που επηρεάζουν το αποτέλεσμα μίας παραγωγικής διαδικασίας . Η μεταβλητότητα αυξάνεται λιγότερο ή περισσότερο συχνά , εξαιτίας της εμφάνισης και επίδρασης πρόσθετων παραγόντων , των **συστηματικών αιτίων** (assignable causes , special causes). Οι συστηματικές αιτίες οφείλονται συνήθως σε μηχανικές ή ηλεκτρικές βλάβες, ελαττωματικές πρώτες ύλες και ανθρώπινα σφάλματα κατά τη ρύθμιση των μηχανών ή την εκτέλεση των εργασιών . Σε αντίθεση με τις τυχαίες αιτίες , οι συστηματικές αιτίες είναι δυνατό να απαλειφθούν μετά από κατάλληλη διορθωτική επέμβαση , π.χ. ρύθμιση της μηχανής . Η επίπτωση των συστηματικών αιτιών στη διασπορά τιμών της διαδικασίας είναι γενικά μεγαλύτερη από την επίπτωση των τυχαίων αιτιών και κατά κανόνα οδηγεί σε μη αποδεκτή στάθμη ποιότητας της διαδικασίας .

Σημειώνεται ότι ο όρος ‘διασπορά τιμών ‘ έχει εδώ ευρύτερο περιεχόμενο από αυτό της μεταβλητότητας μίας στατιστικής κατανομής . Το αποτέλεσμα της επίδρασης μίας συστηματικής αιτίας είναι μερικές φορές η μετατόπιση της θέσης της κατανομής (αύξηση ή μείωση της μέσης τιμής) χωρίς ταυτόχρονη αύξηση της τυπικής απόκλισης . Παρά το ότι η μεταβλητότητα της κατανομής (με την αυστηρή στατιστική έννοια) παραμένει σταθερή , η συνολική

διασπορά τιμών της διαδικασίας στη διάρκεια του χρόνου παραγωγής αυξάνεται .



ΠΗΓΗ : Στατιστικός Έλεγχος Μετρήσεων , Γιώργος Ταγαράς

Όταν μία παραγωγική διαδικασία είναι απαλλαγμένη από την παρουσία και επίδραση συστηματικών αιτιών , λέγεται ότι βρίσκεται σε **κατάσταση στατιστικού ελέγχου** (in statistical control) .

Σε αντίθετη περίπτωση η διαδικασία λέγεται ότι βρίσκεται **εκτός στατιστικού ελέγχου** (out of control) .

Η κατάσταση στατιστικού ελέγχου σημαίνει ότι η κατανομή του χαρακτηριστικού ποιότητας παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια της παραγωγής , με τη μικρότερη δυνατή μεταβλητότητα (φυσική μεταβλητότητα) . Αυτό δε σημαίνει απαραίτητα ότι το επίπεδο ποιότητας είναι αποδεκτό σε σχέση με κάποιες προδιαγραφές . Ο στατιστικός έλεγχος ορίζεται με βάση την εγγενή μεταβλητότητα της διαδικασίας , ανεξάρτητα από τις εξωγενείς τεχνικές προδιαγραφές . Το συμπέρασμα για το αν και κατά πόσο η παραγωγική διαδικασία είναι σε θέση να παράγει προιόν ορισμένων προδιαγραφών σε ικανοποιητικό βαθμό , προκύπτει από την ανάλυση των δυνατοτήτων της παραγωγικής διαδικασίας να προηγηθεί της μαζικής παραγωγής και της παρακολούθησης της διαδικασίας με τη χρήση των διαγραμμάτων ελέγχου . Μόνον εφόσον η συνολική επίδραση των τυχαίων αιτιών είναι σχετικά (σε

σύγκριση με το εύρος των προδιαγραφών) μικρή , η παραγωγική διαδικασία θεωρείται ότι λειτουργεί ικανοποιητικά σε κατάσταση ελέγχου. Με άλλα λόγια , η λειτουργία της διαδικασίας σε κατάσταση στατιστικού ελέγχου δεν είναι αναγκαστικά ταυτόσημη με την παραγωγή προιόντων αποδεκτής ποιότητας .

Οι παραγωγικές διαδικασίες που έχουν κριθεί κατάλληλες με βάση την ανάλυση δυνατοτήτων λειτουργούν γενικά σε κατάσταση στατιστικού ελέγχου για σχετικά μεγάλα χρονικά διαστήματα , μέχρι να υποστούν την ξαφνική και απρόβλεπτη επίδραση μίας συστηματικής αιτίας , η οποία προκαλεί μεταβολή της κατανομής του χαρακτηριστικού ποιότητας και παραγωγή αυξημένου ποσοστού ελαττωματικών προιόντων . Όταν η επίδραση τη συστηματικής αιτίας είναι άμεσα παρατηρήσιμη , π.χ. έντονοι θόρυβοι και κραδασμοί σε μία εργαλειομηχανή , προκαλεί τη διορθωτική επέμβαση του υπεύθυνου για την αποκατάσταση της βλάβης . Όταν , όμως , η παρουσία της συστηματικής αιτίας δεν είναι προφανής , ο εντοπισμός της θα πρέπει να γίνει έμμεσα , με βάση στοιχεία από την ίδια την παραγωγική διαδικασία ή τα παραγόμενα προιόντα . Τα **διαγράμματα ελέγχου** χρησιμοποιούνται ακριβώς για αυτό το σκοπό . Αποτελούν ουσιαστικά μία γραφική τεχνική παρακολούθησης της παραγωγικής διαδικασίας ‘on line’ , η οποία αποσκοπεί στον έγκαιρο εντοπισμό συστηματικών αιτιών μεταβολής των παραμέτρων της διαδικασίας, ώστε να αποφεύγεται η λειτουργία της διαδικασίας εκτός ελέγχου επί μεγάλο χρονικό διάστημα και η συνακόλουθη παραγωγή μεγάλου αριθμού προιόντων απορριπτέας ποιότητας .

4. MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS

4.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Η **MSA** είναι η μελέτη των μετρήσεων που λαμβάνονται από ένα μετρητικό σύστημα με σκοπό τον εντοπισμό και την ποσοτικοποίηση της επίδρασης του σφάλματος στις μετρούμενες τιμές . Δηλαδή μία MSA αποσκοπεί στον προσδιορισμό της ακρίβειας του οργάνου (accuracy) , της απόκλισης των τιμών (precision) και της σταθερότητας (stability) .

4.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Τα χαρακτηριστικά που περιγράφουν ένα μετρητικό σύστημα είναι τα εξής :

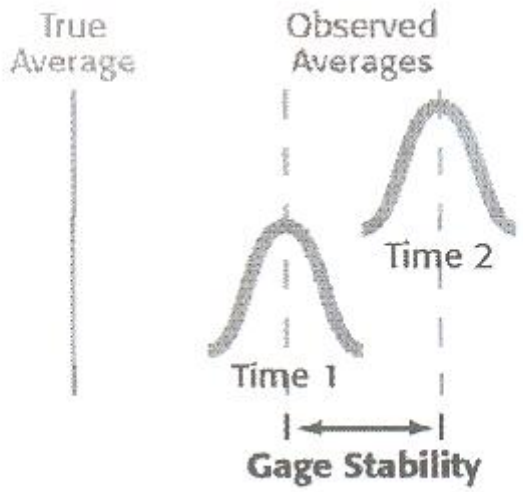
1. **Σταθερότητα** (Stability)
2. **Συστηματικό Σφάλμα** (Bias)
3. **Γραμμικότητα** (Linearity)
4. **Επαναληψιμότητα** (Repeatability)
5. **Αναπαραγωγιμότητα** (Reproducibility)

Τα χαρακτηριστικά 1 , 2 και 3 αναφέρονται στη σύγκριση της μέσης μετρούμενης τιμής με την αληθινή τιμή του μετρούμενου αντικειμένου .
Τα χαρακτηριστικά 4 και 5 αναφέρονται στη διασπορά των μετρούμενων τιμών (precision) .

Ακολουθεί αναλυτική παρουσίαση των παραπάνω μεγεθών .

4.2.1 Σταθερότητα .

Σταθερότητα ονομάζεται η μέγιστη μεταβολή που έχει επέλθει στο Συστηματικό Σφάλμα του οργάνου , έπειτα από κάποια περίοδο χρήσης του .



ΠΗΓΗ : Gagetrak Help

Αρχικά πρέπει να γίνει διάκριση μεταξύ της σταθερότητας του μετρητικού συστήματος και της στατιστικής σταθερότητας .

Ως **Σταθερότητα μετρητικού συστήματος** (measurement system stability) ορίζεται η συσσώρευση της συνολικής μεταβλητότητας του συστηματικού σφάλματος του συστήματος μέτρησης σε ένα συγκεκριμένο δοκίμιο για κάποιο χρονικό διάστημα .

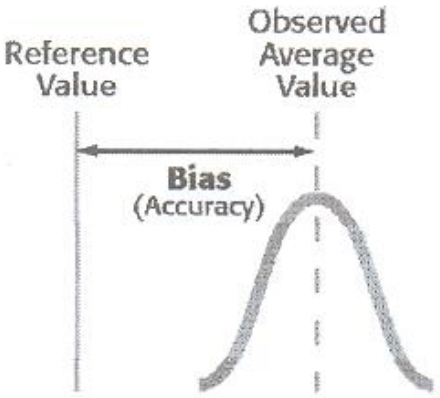
Ως **Στατιστική σταθερότητα** (statistical stability) ορίζεται ως η σταθερότητα του ίδιου του οργάνου .

Συγκεκριμένα , ας υποθέσουμε ότι δύο διαφορετικά μετρητικά συστήματα μπορούν να μετρήσουν το ίδιο δοκίμιο εμφανίζοντας και τα δύο στατιστική σταθερότητα . Όμως , το ένα από τα δύο είναι πιθανό να έχει πολύ υψηλότερη μεταβλητότητα συστηματικού σφάλματος κατά την πάροδο του χρόνου , σε σχέση με το άλλο . Από στατιστικής απόψεως θεωρούνται και τα δύο

σταθερά . Ωστόσο , το σύστημα με τη χαμηλότερη μεταβλητότητα συστηματικού σφάλματος είναι πιο σταθερό σε σχέση με το άλλο .
Ο έλεγχος της σταθερότητας γίνεται με τη χρήση διαγραμμάτων ελέγχου και συγκεκριμένα με τη χρήση διαγραμμάτων Μέσης Τιμής – Εύρους , Μέσης Τιμής – Τυπικής Απόκλισης και Μέσης Τιμής – Κινούμενου Εύρους . Κατά τη διάρκεια της μελέτης συνήθως δε γίνονται ρυθμίσεις και διορθώσεις , με εξαίρεση την περίπτωση εμφάνισης ενδείξεων έλλειψης σταθερότητας . Οι ενδείξεις αυτές περιλαμβάνουν είτε ένα σημείο εκτός των ορίων ελέγχου , είτε ποσοστό 66% (δηλαδή τα 2/3) των σημείων μεταξύ των γραμμών 'Προσοχή ' και 'Κίνδυνος' , είτε 7 σημεία συνεχόμενα στην ίδια πλευρά , σε σχέση με την κεντρική γραμμή .

4.2.2 Συστηματικό Σφάλμα .

Συστηματικό Σφάλμα καλείται το μέτρο της απόστασης μεταξύ της μέσης τιμής των μετρούμενων τιμών και της αληθινής τιμής (ονομαστική τιμή) του δείγματος .



ΠΗΓΗ : Gagetrak Help

Το Συστηματικό Σφάλμα οφείλεται σε συστηματικές μεταβολές . Συγκεκριμένα, πιθανές αιτίες συστηματικών σφαλμάτων είναι οι εξής :

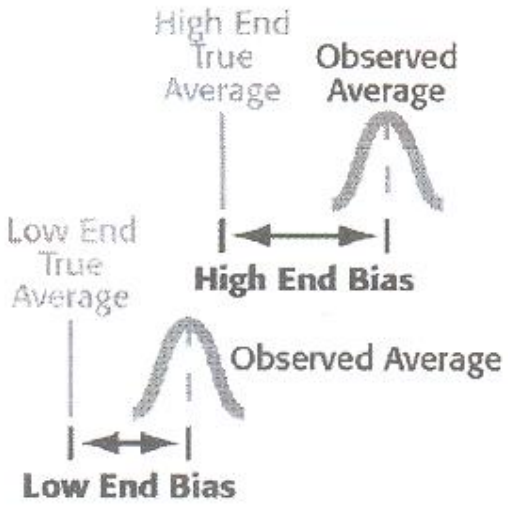
- Ατελής βαθμονόμηση του μετρητικού οργάνου .
- Υποκειμενικό Σφάλμα του Παρατηρητή .
- Μεταβολή των Πειραματικών Συνθηκών σε σχέση με τις συνθήκες που επικρατούσαν κατά τη βαθμονόμηση του οργάνου .
- Ατελής τεχνική μέτρησης .

Σε μία μέτρηση είναι δυνατό να συνυπάρχουν τυχαία καθώς και συστηματικά σφάλματα . Τα τυχαία σφάλματα οφείλονται σε τυχαίες μεταβολές και ποικίλλουν από μέτρηση σε μέτρηση .
Η διόρθωση του συστηματικού σφάλματος είναι εύκολη όταν αυτό εντοπισθεί και ποσοτικοποιηθεί . Για παράδειγμα , αν γνωρίζουμε ότι τα αποτελέσματα του θερμόμετρου είναι κατά 3 βαθμούς χαμηλότερα από την πραγματική θερμοκρασία , για να διορθώσουμε το συστηματικό σφάλμα απλά προσθέτουμε στην ένδειξη του οργάνου 3 μονάδες . Σε άλλες περιπτώσεις , όταν υποπτευόμαστε ή εντοπίζουμε συστηματικό σφάλμα , η διόρθωσή του μπορεί να μην είναι το ίδιο απλή καθώς μπορεί να μην είναι δυνατή η ποσοτικοποίησή του .
Όσο αφορά τα τυχαία σφάλματα , σε μερικές περιπτώσεις μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με την πολλαπλή επανάληψη του πειράματος και τη λήψη μίας μέσης τιμής . Ωστόσο , συνήθως , η επανάληψη του πειράματος δεν είναι εφικτή .

4.2.3 Γραμμικότητα .

Γραμμικότητα καλείται το μέτρο της σταθερότητας (consistency) του συστηματικού σφάλματος κατά το εύρος της μετρητικής συσκευής . Για τον έλεγχο της γραμμικότητας ή όχι κάποιου μετρητικού οργάνου απαιτείται να προηγηθεί έλεγχος του συστηματικού σφάλματος σε όλο το εύρος λειτουργίας του . Εάν στα σφάλματα αυτά μπορεί να προσαρμοστεί μία ευθεία η οποία

περνά από τα σημεία τους σε ένα ορθογώνιο σύστημα αξόνων , τότε βγάζουμε και τα ανάλογα συμπεράσματα περί γραμμικότητας . Διαφορετικά , δεν υπάρχει γραμμική συσχέτιση μεταξύ των x και y .



ΠΗΓΗ : Gagetrak Help

Για τον υπολογισμό του συστηματικού σφάλματος για κάθε δοκίμιο , υπολογίζουμε τη διαφορά μεταξύ της τιμής αναφοράς και της μέσης μετρούμενης τιμής .
Αντιστοιχίζονται τα σφάλματα στις τιμές αναφοράς κατά μήκος του εύρους λειτουργίας του οργάνου , υπό τη μορφή διαγράμματος .
Η μορφή της ευθείας θα είναι :

$$y = b + ax$$

Όπου :
y το συστηματικό σφάλμα
x η τιμή αναφοράς
a η κλίση της ευθείας

Η κλίση της ευθείας αναδρομής που παριστά καλύτερα τη διαφορά μεταξύ της μετρούμενης και της πραγματικής τιμής , πολλαπλασιασμένη επί την process

variation ή την ανοχή (tolerance) των δοκιμίων , είναι μία ένδειξη για τη γραμμικότητα του οργάνου . Για τη μετατροπή της γραμμικότητας του οργάνου σε ποσοστό της process variation , πολλαπλασιάζουμε επί 100 και διαιρούμε διά την process variation. Όπως και με τη σταθερότητα , συνιστάται η μελέτη μέσω της γραφικής μεθόδου (Scatter Diagram) .

Ο συντελεστής πολλαπλού προσδιορισμού (Goodness of Fit) R^2 της καμπύλης αναδρομής δείχνει την ύπαρξη ή όχι γραμμικής σχέσης ανάμεσα στις τιμές αναφοράς και στα συστηματικά σφάλματα . Η τιμή του συντελεστή αυτού είναι ένας αριθμός μεταξύ του 0 και του 1 . Όσο πλησιέστερη είναι η τιμή του R^2 στη μονάδα , τόσο πιο γραμμική είναι η σχέση .

Αν η καμπύλη αναδρομής πλησιάζει αρκετά την ευθεία , τότε μπορούμε να αποφασίσουμε αν η γραμμικότητα είναι αποδεκτή ή όχι .

Αν η καμπύλη αναδρομής δεν πλησιάζει αρκετά την ευθεία , τότε το μέσο συστηματικό σφάλμα και οι τιμές αναφοράς ενδέχεται να μη συνδέονται με γραμμική σχέση . Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να γίνει επιπλέον ανάλυση για να αποφασιστεί αν η γραμμικότητα είναι αποδεκτή .

Αν η καμπύλη αναδρομής δεν είναι ευθεία , οι πιθανές αιτίες είναι οι εξής :

- Το όργανο δεν έχει βαθμονομηθεί κατάλληλα στο ανώτερο και κατώτερο όριο του εύρους λειτουργίας του .
- Φθορά του οργάνου .
- Χαρακτηριστικά του εσωτερικού ελέγχου του οργάνου .

4.2.3.1 Προσαρμογή σε ευθεία γραμμή .

Αρχικά πρέπει να γίνει εκτίμηση των παραμέτρων .

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε n ζεύγη τιμών $(x_1 , y_1) \ldots (x_n , y_n)$ και θέλουμε να προσαρμόσουμε σε αυτά την ευθεία γραμμή που δίνεται από την εξίσωση :

$$y = a_0 + a_1 x$$

Στόχος μας θα είναι να υπολογίσουμε κατ'εκτίμηση τις τιμές των a_0 και a_1 , τις α_0 και α_1 , έτσι ώστε να μπορούμε να υπολογίζουμε για τιμές του x , εκτιμήσεις του μεγέθους y από την εξίσωση :

$$y = \alpha_0 + \alpha_1 x$$

όπου η x θεωρείται ως ανεξάρτητη μεταβλητή .

Ένας τρόπος για να βρούμε τις εκτιμήσεις των a_0 και a_1 είναι η μέθοδος των ελάχιστων τετραγώνων . Σε κάθε σημείο x_i το αντίστοιχο σημείο επάνω στην ευθεία αναδρομής θα είναι $a_0 + a_1 x_i$, κατά συνέπεια η διαφορά της εκτιμούμενης τιμής του y_i από τη μετρούμενη θα είναι :

$$e_i = y_i - (a_0 + a_1 x_i)$$

Έτσι , το άθροισμα των τετραγώνων των αποκλίσεων από την ευθεία αναδρομής είναι :

$$S = \sum e_i^2 = \sum [y_i - (a_0 + a_1 x_i)]^2$$

Η ποσότητα αυτή είναι συνάρτηση των άγνωστων παραμέτρων . Κατά την αρχή των ελάχιστων τετραγώνων πρέπει να επιλέξουμε τις εκτιμήσεις των α_0 και α_1, ως τις τιμές εκείνες που αν αντικατασταθούν στην παραπάνω εξίσωση θα δώσουν την ελάχιστη τιμή στο S . Κατά συνέπεια οι τιμές α_0 και α_1 μπορούν να υπολογισθούν με την παραγώγιση της εξίσωσης αυτής ως προς a_0 και a_1 και οι μερικές παράγωγοι να εξισωθούν με το μηδέν .

Είναι :

$$\partial S / \partial a_0 = -2 \sum (y_i - a_0 - a_1 x_i)$$

$$\partial S / \partial a_1 = -2 \sum x_i (y_i - a_0 - a_1 x_i)$$

Εξισώνοντας με το μηδέν λαμβάνουμε :

$$\sum (y_i - a_0 - a_1 x_i) = 0$$

$$\sum x_i (y_i - a_0 - a_1 x_i) = 0$$

Οπότε :

$$n \alpha_0 + \alpha_1 \sum x_i = 0$$

$$\alpha_0 \sum x_i + \alpha_1 \sum x_i^2 = \sum x_i y_i$$

όπου όλα τα αθροίσματα εκτείνονται από i = 1 έως n .

Η λύση του συστήματος των δύο τελευταίων εξισώσεων , οι οποίες ονομάζονται κανονικές εξισώσεις , δίνει τις τιμές των α_0 και α_1 :

$$\alpha_1 = [\ \sum (x_i - \bar{x})\ (y_i - \bar{y})\ ]\ /\ [\ \sum (x_i - \bar{x})^2\ ]$$

$$\alpha_0 = \bar{y} - \alpha_1\ \bar{x}$$

Από τις παραπάνω εξισώσεις είναι φανερό ότι η ευθεία αναδρομής περνά από το σημείο ($\bar{x}$, $\bar{y}$) .

4.2.3.2 Η ακρίβεια της ευθείας αναδρομής .

Το πρώτο θέμα που θα πρέπει να εξεταστεί , αφού υπολογισθούν οι εκτιμήσεις των παραμέτρων της ευθείας αναδρομής , είναι να διαπιστωθεί πόσο καλή είναι η προσαρμογή της ευθείας στα πειραματικά σημεία . Προκειμένου να προχωρήσουμε προς την κατεύθυνση αυτή θα χρησιμοποιήσουμε την ταυτότητα :

$$\sum (y_i - \bar{y})^2 = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 + \sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2$$

Κάθε ένας από τους όρους της εξίσωσης έχει και κάποια ιδιαίτερη ονομασία , ανάλογα με τη ‘ φυσική σημασία ‘ , η οποία μπορεί να του αποδοθεί :

$\sum (y_i - \bar{y})^2$: Άθροισμα των τετραγώνων των αποκλίσεων του μετρούμενου μεγέθους y περί τη μέση τιμή ή συνολική διακύμανση του y περί τη μέση τιμή του .

$\sum (y_i - \hat{y}_i)^2$: Άθροισμα των τετραγώνων των αποκλίσεων περί την ευθεία αναδρομής ή άθροισμα των τετραγώνων των υπολοίπων ή απόκλιση λόγω αναδρομής του μεγέθους y ή μη ερμηνεύσιμη διακύμανση .

$\sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2$: Άθροισμα των τετραγώνων των αποκλίσεων περί τη μέση τιμή εξαιτίας της προσαρμογής ή διακύμανση του εκτιμούμενου μεγέθους y περί τη μέση τιμή του , ή ερμηνεύσιμη διακύμανση .

4.2.3.3 Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα .

Σύμφωνα με τα παραπάνω παρατηρούμε :

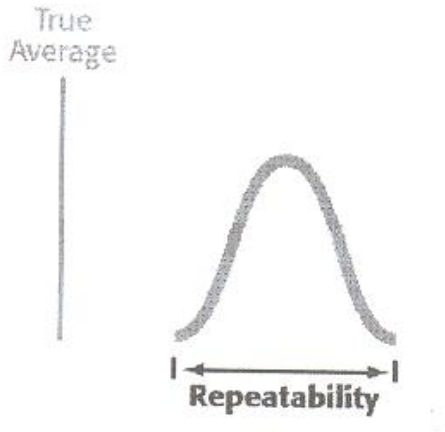
1) Αν όλα τα πειραματικά σημεία κείνται επί της συνάρτησης αναδρομής , τότε το άθροισμα των τετραγώνων των υπολοίπων , δηλαδή η μη ερμηνεύσιμη διακύμανση είναι μηδέν .

2) Η συνολική διακύμανση του y ισούται με το άθροισμα της διακύμανσης του εκτιμούμενου μεγέθους και της απόκλισης λόγω αναδρομής .

Το πηλίκο $R^2 = [\sum (\hat{y_i} - \bar{y})^2] / [\sum (y_i - \bar{y})^2]$ που παίρνει τις τιμές 0 έως 1 , είναι ένας δείκτης του πόσο καλά τα πειραματικά σημεία κείνται επί της ευθείας αναδρομής . Είναι φανερό ότι αν $R^2 = 1$ τότε η μη ερμηνεύσιμη διακύμανση είναι μηδέν , δηλαδή όλα τα πειραματικά σημεία κείνται επί της ευθείας αναδρομής . Η τετραγωνική ρίζα του συντελεστού πολλαπλού προσδιορισμού δηλαδή το R , ονομάζεται και συντελεστής πολλαπλής συσχέτισης .

4.2.4 Επαναληψιμότητα .

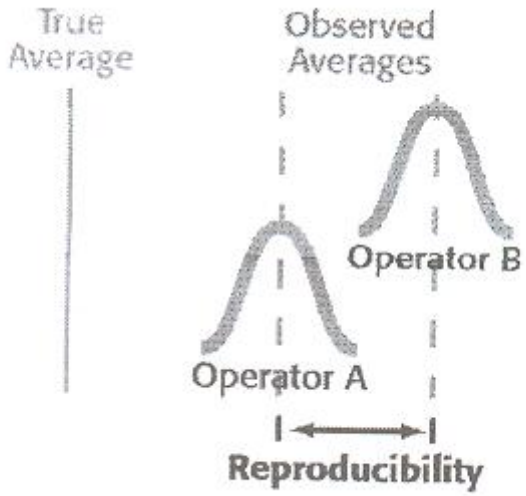
Επαναληψιμότητα ονομάζεται η μεταβλητότητα που παρατηρείται στις μετρήσεις όταν ένας παρατηρητής χρησιμοποιεί το ίδιο όργανο για να μετρήσει παρόμοια χαρακτηριστικά ποιότητας σε ίδια τεμάχια .



ΠΗΓΗ : Gagetrak Help

4.2.5 Αναπαραγωγιμότητα .

Αναπαραγωγιμότητα ονομάζεται η μη επιθυμητή μεταβλητότητα που παρατηρείται στους μέσους όρους των μετρήσεων όταν διαφορετικοί παρατηρητές χρησιμοποιούν το ίδιο όργανο για να μετρήσουν παρόμοια χαρακτηριστικά ποιότητας σε ίδια τεμάχια .



ΠΗΓΗ : Gagetrak Help

4.3 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Για την ικανοποιητική λειτουργία ενός μετρητικού συστήματος πρέπει να ισχύουν τα ακόλουθα :

- Στατιστική Σταθερότητα (Statistical Stability) ανεξάρτητη από το χρόνο.
- Μικρή μεταβλητότητα (Variability) συγκρινόμενη με την process variability .
- Μικρή μεταβλητότητα (Variability) συγκρινόμενη με τα όρια των προδιαγραφών (ανοχές) .
- Η διακριτική ικανότητα (Resolution) της μετρητικής συσκευής πρέπει να είναι μικρή συγκρινόμενη με τη μικρότερη από τα όρια των προδιαγραφών και την process variation .

Γενικά , ισχύει ότι το μετρητικό σύστημα πρέπει να έχει διακριτική ικανότητα (resolution) τουλάχιστον 1/10 μικρότερη από την ανοχή ή το process variation. Εάν η διακριτική ικανότητα (resolution) δεν είναι εντός αυτών των ορίων , το σύστημα δε θα αναγνωρίσει την process variability .

4.4 ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΙΑΣ MSA

Για την πραγματοποίηση της MSA απαιτούνται οι παρακάτω ενέργειες :

1) Καθορισμός του Πλήθους των Παρατηρητών , του Μεγέθους του Δείγματος και του αριθμού των επαναλήψεων των μετρήσεων (trials) . Όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος του δείγματος , τόσο υψηλότερο είναι το επίπεδο εμπιστοσύνης . Ωστόσο , πρέπει να ληφθεί υπόψην το κόστος και ο απαιτούμενος χρόνος και να επιλεχθεί η βέλτιστη λύση .

2) Εμπλοκή Παρατηρητών , οι οποίοι είναι εξοικειωμένοι με τον εξοπλισμό και τις διαδικασίες μέτρησης .

3) Πρέπει να ακολουθείται από όλους τους παρατηρητές η ίδια καταγεγραμμένη διαδικασία .

4) Επιλογή Τυχαίου Δείγματος .

5) Πρέπει να προηγηθεί βαθμονόμηση του χρησιμοποιούμενου οργάνου .

4.5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ MSA

Η MSA μπορεί να γίνει με τη χρήση διάφορων μεθόδων . Οι πιο δημοφιλείς είναι η ANOVA , η AIAG Long Method και η AIAG Short Method .
Ακολουθεί σύντομη περιγραφή της κάθε μεθόδου ξεχωριστά .

4.5.1 ANOVA .

Η ανάλυση της διακύμανσης είναι μία στατιστική μέθοδος με την οποία η μεταβλητότητα που υπάρχει σε ένα σύνολο δεδομένων διασπάται στις επιμέρους συνιστώσες της με στόχο την κατανόηση της σημαντικότητας των διαφορετικών πηγών προέλευσης της .
Στην απλούστερη μορφή της , η ANOVA μας δίνει τη δυνατότητα να δοκιμάσουμε την υπόθεση ότι οι μέσες τιμές διαφόρων πληθυσμών είναι ίσες .
Κάτω από αυτό το πλαίσιο , μπορούμε να θεωρήσουμε την ANOVA σαν προέκταση της δοκιμασίας t για τη σύγκριση των μέσων τιμών δύο πληθυσμών .
Οι λόγοι για τους οποίους η ANOVA είναι προτιμότερη του t test είναι η συντομότερη διαδικασία ανάλυσης και η ακρίβεια της διάγνωσης .

4.5.1.1 Εισαγωγή .

Τα δεδομένα ενός δείγματος ανάλογα με την προέλευση τους διακρίνονται σε παρατηρήσεις και σε πειραματικά . Στην πρώτη περίπτωση ο στατιστικός ερευνητής απλά παρατηρεί τις τιμές που εμφανίζονται , χωρίς να έχει δυνατότητα επέμβασης στις αντίστοιχες μεταβλητές . Αντίθετα στη δεύτερη περίπτωση , ο στατιστικός ερευνητής προσπαθεί να ελέγξει τα επίπεδα μίας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών προκειμένου να προσδιορίσει την

επίδραση που έχουν στην υπό μελέτη μεταβλητή , που καλείται εξαρτημένη ή απόκριση .

Στόχος κάθε στατιστικού πειράματος είναι ο προσδιορισμός της επίδρασης μίας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών στην απόκριση . Οι μεταβλητές αυτές αναφέρονται συνήθως σαν παράγοντες (factors) και είναι είτε ποσοτικές είτε ποιοτικές .

Οι τιμές του παράγοντα που προσδιορίζουν το πείραμα λέγονται επίπεδα (levels) . Σε ένα πείραμα με ένα παράγοντα οι μεταχειρίσεις (treatments) του πειράματος είναι τα επίπεδα του παράγοντα . Σε ένα πείραμα με δύο ή περισσότερους παράγοντες οι μεταχειρίσεις είναι οι συνδυασμοί παραγόντων – επιπέδων .

4.5.1.2 Θεωρητική Ανάλυση των Πειραματικών Δεδομένων .

Από τους υπάρχοντες πειραματικούς σχεδιασμούς , ο απλούστερος είναι εκείνος που χαρακτηρίζεται από την **ανάλυση της διακύμανσης κατά ένα παράγοντα (One factor ANOVA)** και καλείται πλήρως τυχαιοποιημένος σχεδιασμός (Completely Randomized Design) .

Αρχικά , προσδιορίζεται το μοντέλο .

Στη γενική περίπτωση υποθέτουμε ότι έχουμε k ομάδες με n_j παρατηρήσεις ανά ομάδα για $j = 1,...,k$. Τα δεδομένα του δείγματος μπορούν να ταξινομηθούν σε ένα πίνακα της μορφής :

<u>Ομάδες (Μεταχειρίσεις)</u>

1	2	3		k
X_{11}	X_{12}	X_{13}	$\cdots$	X_{1k}
X_{21}	X_{22}	X_{23}	$\cdots$	X_{2k}
X_{31}	X_{32}	X_{33}	$\cdots$	X_{3k}

	.	.	.	…	.	
	.	.	.	…	.	
	.	.	.	…	.	
	$X_{n_1 1}$	$X_{n_2 2}$	$X_{n_3 3}$	…	$X_{n_k k}$	
Σύνολα	$T_{\square 1}$	$T_{\square 2}$	$T_{\square 3}$	…	$T_{\square k}$	$T_{\square\square}$
Μέσοι	$\bar{X}_{\square 1}$	$\bar{X}_{\square 2}$	$\bar{X}_{\square 2}$		$\bar{X}_{\square k}$	$\bar{X}_{\square\square}$
Όροι						

όπου X_{ij} είναι η i παρατήρηση της j ομάδας .

$T_{\square j} = \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}$ = άθροισμα των παρατηρήσεων της j στήλης .

$\bar{X}_{\square j} = \frac{T_{\square j}}{n_j}$ = αριθμητικός μέσος της j στήλης .

$T_{\square\square} = \sum_{j=1}^{k} T_{\square j} = \sum_{j=1}^{k} \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}$ = άθροισμα όλων των παρατηρήσεων .

$\bar{X}_{\square\square} = \frac{T_{\square\square}}{N}$ = αριθμητικός μέσος όλων των παρατηρήσεων και $N = \sum_{j=1}^{k} n_j$.

Υποθέτουμε ότι για την j ομάδα οι παρατηρήσεις X_{ij} έχουν την μορφή :

$$X_{ij} = \mu_j + e_{ij}$$

όπου μ_j είναι ο μέσος όρος του πληθυσμού της j ομάδας και e_{ij} είναι το σφάλμα (error) , για $i = 1,...,n_j$ και $j = 1,...,k$. Με τον όρο σφάλμα δε νοείται κάποια λανθασμένη μέτρηση ή εκτίμηση αλλά η μη ελεγχόμενη διακύμανση που υπάρχει στον πληθυσμό . Λύνοντας την παραπάνω σχέση ως προς e_{ij} έχουμε :

$$e_{ij} = X_{ij} - \mu_j$$

Ο καθολικός μέσος όρος (grand mean) μ όλων των παρατηρήσεων δίνεται από τη σχέση :

$$\mu = \frac{1}{k}\sum_{j=1}^{k}\mu_j$$

Αφού το X_{ij} διαφέρει από το μ_j , μπορούμε να υποθέσουμε ότι το μ_j διαφέρει από το μ κατά :

$$\tau_j = \mu_j - \mu$$

που εκφράζει την επίδραση (effect) του γεγονότος ότι το μ_j υπολογίστηκε από τις παρατηρήσεις της j ομάδας . Από τη σχέση αυτή είναι :

$$\mu_j = \mu + \tau_j$$

Οπότε από τα παραπάνω :

$$X_{ij} = \mu + \tau_j + e_{ij}$$

για $i = 1,...,n_j$ και $j = 1,...,k$.

Συνοψίζοντας , από την τελευταία σχέση προκύπτει ότι η παρατήρηση X_{ij} είναι άθροισμα τριών ποσοτήτων :

- του καθολικού μέσου .
- της επίδρασης της ομάδας (μεταχείρισης) .
- του σφάλματος .

Εξαιτίας των παραπάνω το μοντέλο καλείται προσθετικό (additive) .

Οι προυποθέσεις που διέπουν την παραπάνω σχέση είναι :

- Οι παρατηρήσεις X_{ij} κάθε ομάδας αποτελούν k ανεξάρτητα δείγματα από αντίστοιχους πληθυσμούς .
- Οι παρατηρήσεις X_{ij} ακολουθούν κανονική κατανομή με μέση τιμή μ_j και κοινή διακύμανση σ^2, για $j = 1,...,k$.
- Οι επιδράσεις των ομάδων (μεταχειρίσεων) τ_j είναι σταθεροί αριθμοί που ικανοποιούν τη σχέση

$$\sum_{j=1}^{k} \tau_j = 0 \ .$$

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τα σφάλματα e_{ij} είναι ανεξάρτητες τυχαίες μεταβλητές από την κανονική κατανομή με μέση τιμή 0 και διακύμανση σ^2 .

Προχωρούμε στη δοκιμασία των υποθέσεων .

Θεωρούμε τη μηδενική υπόθεση δηλαδή ότι όλες οι ομάδες (μεταχειρίσεις) έχουν ίσες μέσες τιμές .

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = ... = \mu_k$$

Η εναλλακτική υπόθεση διατυπώνεται ως εξής :

H_1 : τουλάχιστον μία μ_j διαφέρει .

Όταν οι μέσες τιμές των πληθυσμών είναι ίσες , τότε οι επιδράσεις τ_j των μεταχειρίσεων είναι μηδέν . Κατά συνέπεια , οι ισοδύναμες υποθέσεις που μπορούμε να θεωρήσουμε είναι :

$$H_0 : \tau_j = 0, \ j = 1,...,k$$

με εναλλακτική

H_1 : όλα τα τ_j δεν είναι μηδενικά .

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω , η ANOVA είναι μία διαδικασία κατά την οποία η ολική μεταβλητότητα που υπάρχει στα δεδομένα διασπάται σε επιμέρους συνιστώσες που οφείλονται σε διαφορετικές πηγές προέλευσης . Ο όρος μεταβλητότητα αναφέρεται στο άθροισμα των τετραγώνων των αποκλίσεων των παρατηρήσεων από την μέση τιμή τους που καλείται άθροισμα τετραγώνων (Sum of Squares – SS) .

Αρχικά , υπολογίζουμε το ολικό άθροισμα τετραγώνων (total sum of squares - SS_{total}) των αποκλίσεων των παρατηρήσεων από τον καθολικό μέσο :

$$SS_{\text{total}} = \sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{n_j}(X_{ij} - \bar{X}_{\square\square})^2$$

όπου με το $\sum_{i=1}^{n_j}$ αθροίζουμε τις τετραγωνισμένες αποκλίσεις μέσα σε κάθε ομάδα , ενώ με το $\sum_{j=1}^{k}$ αθροίζουμε τα αποτελέσματα των k ομάδων . Στην πραγματικότητα το SS_{total} αντιστοιχεί στον αριθμητή που υπάρχει στον τύπο υπολογισμού της δειγματικής διακύμανσης ενός τυχαίου δείγματος με N παρατηρήσεις .

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2}{N-1}$$

Στη συνέχεια , θα διασπάσουμε το SS_{total} στις επιμέρους συνιστώσες του , χρησιμοποιώντας την ισοδύναμη έκφραση :

$$SS_{\text{total}} = \sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{n_j}[(X_{ij} - \bar{X}_{\square j}) + (\bar{X}_{\square j} - \bar{X}_{\square\square})]^2 =$$

$$= \sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{n_j}(X_{ij} - \bar{X}_{\square j})^2 + 2\sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{n_j}(X_{ij} - \bar{X}_{\square j})(\bar{X}_{\square j} - \bar{X}_{\square\square}) + \sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{n_j}(\bar{X}_{\square j} - \bar{X}_{\square\square})^2$$

Ο μεσαίος όρος της σχέσης αυτής γράφεται ως εξής :

$$2\sum_{i=1}^{n_j}(X_{ij}-\bar{X}_{\square j})\sum_{j=1}^{k}(\bar{X}_{\square j}-\bar{X}_{\square\square})$$

απ' όπου προκύπτει ότι είναι ίσος με μηδέν αφού :

$$\sum_{i=1}^{n_j}(X_{ij}-\bar{X}_{\square j})=0$$

Τελικά :

$$SS_{\text{total}}=\sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{n_j}(X_{ij}-\bar{X}_{\square j})^2+\sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{n_j}(\bar{X}_{\square j}-\bar{X}_{\square\square})^2$$

ή ισοδύναμα

$$SS_{\text{total}}=\sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{n_j}(X_{ij}-\bar{X}_{\square j})^2+\sum_{j=1}^{k}n_j(\bar{X}_{\square j}-\bar{X}_{\square\square})^2$$

Στην περίπτωση που το πλήθος των παρατηρήσεων είναι ίσο με n για όλες τις ομάδες είναι :

$$SS_{\text{total}}=\sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{n_j}(X_{ij}-\bar{X}_{\square j})^2+n\sum_{j=1}^{k}(\bar{X}_{\square j}-\bar{X}_{\square\square})^2$$

Προχωρούμε στον υπολογισμό του αθροίσματος των τετραγώνων μέσα στις ομάδες . Στην τελευταία σχέση , το πρώτο άθροισμα στο δεξί μέλος υπολογίζει αρχικά το άθροισμα των τετραγωνισμένων αποκλίσεων των παρατηρήσεων από το μέσο κάθε ομάδας και κατόπιν αθροίζει τα επιμέρους αποτελέσματα για όλες τις ομάδες . Το τελικό αποτέλεσμα λέγεται άθροισμα τετραγώνων μέσα στις ομάδες (within groups sum of squares - SS_{within}) .

$$SS_{\text{within}}=\sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{n_j}(X_{ij}-\bar{X}_{\square j})^2$$

Στη συνέχεια , υπολογίζουμε το άθροισμα των τετραγώνων μεταξύ των ομάδων . Το δεύτερο άθροισμα στο δεξί μέλος της εξίσωσης , υπολογίζει αρχικά για κάθε ομάδα την τετραγωνισμένη απόκλιση του μέσου της ομάδας από τον καθολικό μέσο και κατόπιν πολλαπλασιάζει το αποτέλεσμα με το

πλήθος των παρατηρήσεων της ομάδας . Τα επιμέρους αποτελέσματα αθροίζονται για όλες τις ομάδες και το τελικό αποτέλεσμα λέγεται άθροισμα τετραγώνων μεταξύ ομάδων (between groups sum of squares - SS_{between}) .

$$SS_{\text{between}} = \sum_{j=1}^{k} n_j (\bar{X}_{\square j} - \bar{X}_{\square\square})^2$$

Στην περίπτωση που όλες οι ομάδες έχουν n παρατηρήσεις προκύπτει :

$$SS_{\text{between}} = n\sum_{j=1}^{k} (\bar{X}_{\square j} - \bar{X}_{\square\square})^2$$

Συνοψίζοντας τα παραπάνω :

$$SS_{\text{total}} = SS_{\text{within}} + SS_{\text{between}}$$

Από τα αθροίσματα των τετραγώνων , προκύπτουν δύο εκτιμητές της πληθυσμιακής διακύμανσης σ^2. Αποδεικνύεται ότι όταν οι πληθυσμιακές μέσες τιμές των ομάδων είναι ίσες , τότε τα SS_{within} και SS_{between} όταν διαιρεθούν με τους αντίστοιχους βαθμούς ελευθερίας δίνουν αμερόληπτους εκτιμητές για το σ^2.

Προχωρούμε στον υπολογισμό του πρώτου εκτιμητή του σ^2 . Για κάθε ομάδα , το μέσο τετράγωνο (mean square) γράφεται :

$$MS_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} (X_{ij} - \bar{X}_{\square j})^2}{n_j - 1}$$

και δίνει έναν αμερόληπτο εκτιμητή για την διακύμανση της ομάδας . Αφού έχουμε υποθέσει ότι οι διακυμάνσεις είναι ίσες , μπορούμε να συγχωνεύσουμε τους k εκτιμητές και να πάρουμε ένα εκτιμητή για τη διακύμανση μέσα στις

ομάδες (within groups variance) , σύμφωνα με τον τύπο του μέσου τετραγώνου :

$$MS_{\text{within}} = \frac{\sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{n_j}(X_{ij} - \bar{X}_{\square j})^2}{\sum_{j=1}^{k}(n_j - 1)}$$

Προχωρούμε στον υπολογισμό του δεύτερου εκτιμητή του σ^2 . Ο δεύτερος εκτιμητής του σ^2 προκύπτει από τον γνωστό τύπο για την διακύμανση του δειγματικού μέσου ενός δείγματος με n παρατηρήσεις .

$$\sigma_{\bar{X}}^2 = \frac{\sigma^2}{n}$$

δηλαδή :

$$\sigma^2 = n\sigma_{\bar{X}}^2$$

Ένας αμερόληπτος εκτιμητής του $\sigma_{\bar{X}}^2$, που είναι η διακύμανση μεταξύ των ομάδων (between groups variance) , προκύπτει από το μέσο τετράγωνο :

$$MS_{\bar{X}} = \frac{\sum_{j=1}^{k}(\bar{X}_{\cdot j} - \bar{X}_{\square\square})^2}{k-1}$$

Συνεπώς , στην ειδική περίπτωση που όλες οι ομάδες (μεταχειρίσεις) έχουν n παρατηρήσεις , ένας αμερόληπτος εκτιμητής για το σ^2 είναι :

$$MS_{\text{between}} = \frac{n\sum_{j=1}^{k}(\bar{X}_{\square j} - \bar{X}_{\square\square})^2}{k-1}$$

Στη γενική περίπτωση που το πλήθος των παρατηρήσεων των ομάδων δεν είναι ίδιο , ο αμερόληπτος εκτιμητής για το σ^2 έχει τη μορφή :

$$MS_{\text{between}} = \frac{\sum_{j=1}^{k} n_j (\bar{X}_{\square j} - \bar{X}_{\square\square})^2}{k-1}$$

Προχωρούμε στον υπολογισμό του λόγου των διακυμάνσεων . Όταν η μηδενική υπόθεση $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = ... = \mu_k$ είναι αληθινή , τότε αναμένεται οι δύο εκτιμητές του σ^2 να είναι περίπου ίσοι . Όταν η μηδενική υπόθεση δεν ισχύει , έτσι ώστε οι μέσες τιμές των πληθυσμών να διαφέρουν , τότε αναμένεται το MS_{between} να είναι μεγαλύτερο από το MS_{within}. Για το λόγο αυτό και προκειμένου να γίνει σύγκριση των δύο εκτιμητών του σ^2 υπολογίζουμε το λόγο των διακυμάνσεων (Variance Ratio - VR) που δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

$$VR = \frac{MS_{\text{between}}}{MS_{\text{within}}}$$

Όταν οι δύο εκτιμητές είναι περίπου ίσοι το VR είναι κοντά στο 1 και το γεγονός αυτό αποτελεί κριτήριο αποδοχής της H_0 . Στην περίπτωση που το MS_{between} είναι μεγαλύτερο από το MS_{within} τότε το VR είναι μεγαλύτερο από το 1 και το γεγονός αυτό είναι το κριτήριο απόρριψης της H_0 .

Ακολουθεί η δοκιμασία F . Η ύπαρξη του τυχαίου σφάλματος που οφείλεται στη δειγματοληψία δεν επιτρέπει στα MS_{between} και MS_{within} να είναι ίσα ακόμη και στην περίπτωση που η μηδενική υπόθεση $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = ... = \mu_k$ είναι αληθής . Γι' αυτό , θα πρέπει να έχουμε ένα μέτρο ανοχής για το πόσο μεγάλη θα πρέπει να είναι η παρατηρούμενη διαφορά προκειμένου να συμπεράνουμε ότι δεν οφείλεται μόνο σε τυχαίο σφάλμα . Απάντηση στο ερώτημα αυτό δίνει η κατανομή δειγματοληψίας του λόγου των διακυμάνσεων:

$$VR = \frac{MS_{\text{between}}}{MS_{\text{within}}}$$

Επειδή το VR είναι λόγος δύο χ^2 τυχαίων μεταβλητών , προκύπτει ότι ακολουθεί την κατανομή F με βαθμούς ελευθερίας αριθμητή $(k-1)$ και βαθμούς ελευθερίας παρονομαστή

$$\sum_{j=1}^{k}(n_j-1)=\sum_{j=1}^{k}n_j-k=N-k\ .$$

Από τη στιγμή που θα προσδιορίσουμε και το επίπεδο σημαντικότητας α τότε η κρίσιμη τιμή του F προσδιορίζει τις περιοχές αποδοχής και απόρριψης της δοκιμασίας . Οι απαιτούμενοι υπολογισμοί συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα ANOVA .

ΠΙΝΑΚΑΣ ANOVA

Πηγή προέλευσης	Άθροισμα τετραγώνων	Βαθμοί ελευθερίας	Μέσο τετράγωνο	Λόγος διακυμάνσεων
Μεταξύ ομάδων	$SS_{\text{between}}=\sum_{j=1}^{k}n_j(\bar{X}_{\square j}-\bar{X}_{\square\square})^2$	$k-1$	$MS_{\text{between}}=\dfrac{\sum_{j=1}^{k}n_j(\bar{X}_{\square j}-\bar{X}_{\square\square})^2}{k-1}$	$VR=\dfrac{MS_{\text{between}}}{MS_{\text{within}}}$
Μέσα στις ομάδες	$SS_{\text{within}}=\sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{n_j}(X_{ij}-\bar{X}_{\square j})^2$	$N-k$	$MS_{\text{within}}=\dfrac{\sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{n_j}(X_{ij}-\bar{X}_{\square j})^2}{\sum_{j=1}^{k}(n_j-1)}$	
Σύνολο	$SS_{\text{total}}=\sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{n_j}(X_{ij}-\bar{X}_{\square\square})^2$	$N-1$		

Κάτω από τη μηδενική υπόθεση $H_0:\mu_1=\mu_2=...=\mu_k$, το VR ακολουθεί την κατανομή F με βαθμούς ελευθερίας αριθμητή $(k-1)$ και βαθμούς ελευθερίας παρονομαστή $(N-k)$. Για συγκεκριμένο επίπεδο σημαντικότητας α και προκειμένου να πάρουμε μία απόφαση συγκρίνουμε την υπολογισμένη τιμή VR με την κρίσιμη τιμή της κατανομής $F_{(k-1),(N-k),\alpha}$.

Όταν

$$VR > F_{(k-1),(N-k),\alpha}$$

δε μπορούμε να αποδεχθούμε την H_0 με βάση τα δεδομένα του δείγματος , όπου $F_{(k-1),(N-k),\alpha}$ είναι το $(1-\alpha)100$ εκατοστιαίο σημείο της κατανομής $F_{(k-1),(N-k)}$ για το οποίο ισχύει :

$$P(F_{(k-1),(N-k)} > F_{(k-1),(N-k),\alpha}) = \alpha \, .$$

Η διακύμανση που υπάρχει στα δεδομένα μεταξύ των ομάδων (στηλών) ερμηνεύεται από το γεγονός ότι οι ομάδες ενδεχομένως να προέρχονται από διαφορετικούς πληθυσμούς . Η διακύμανση μέσα στις ομάδες είναι η εναπομένουσα διακύμανση (residual variance) που μένει ανερμήνευτη (unexplained) .

Συνεπώς :

$$VR = \frac{\text{ερμηνευμένη διακύμανση}}{\text{ανερμήνευτη διακύμανση}}$$

Προκειμένου να ερμηνευθεί η εναπομένουσα διακύμανση , προχωρούμε στην εισαγωγή και δεύτερου παράγοντα . Έτσι , προκύπτει η **ανάλυση διακύμανσης κατά δύο παράγοντες (Two way ANOVA)** . Ο αντίστοιχος πειραματικός σχεδιασμός που προκύπτει λέγεται τυχαιοποιημένος κατά ομάδες (randomized block design) .

4.5.2 Long Method - AIAG .

4.5.2.1 Εισαγωγή .

Λέγεται , επίσης , Average and Range Method .
Με τη μέθοδο αυτή μπορούμε να προσδιορίσουμε την επίδραση της επαναληψιμότητας και της αναπαραγωγιμότητας στην ολική μεταβλητότητα .

4.5.2.2 Θεωρητική Ανάλυση Πειραματικών Δεδομένων .

1) Υπολογισμός Επαναληψιμότητας (EV) .

Η τιμή του μεγέθους της Επαναληψιμότητας δίνεται από τη σχέση :

$$EV = R' \times K_1$$

όπου

R' το μέσο εύρος όλων των μετρήσεων

K_1 ο παράγοντας προσαρμογής (adjustment factor) που εξαρτάται από των αριθμών των μετρήσεων , ως εξής :

- Για 2 μετρήσεις ανά δοκίμιο ανά παρατηρητή , K_1 = 4,56 και
- Για 3 μετρήσεις ανά δοκίμιο ανά παρατηρητή , K_1 = 3,05 .

2) Υπολογισμός Αναπαραγωγιμότητας (AV) .

Η τιμή του μεγέθους της Αναπαραγωγιμότητας δίνεται από τη σχέση :

$$AV = [\ (X_{diff} \times K_2\ )^2 - (\ EV / (n \times r)\ )\ ]^{(1/2)}$$

όπου

n το πλήθος των δοκιμίων

r το πλήθος των μετρήσεων ανά τεμάχιο ανά παρατηρητή

X_{diff} η μέση τιμή της διαφοράς της εκάστοτε μετρούμενης τιμής από την τιμή αναφοράς

K_2 σταθερά που εξαρτάται από των αριθμών των παρατηρητών , ως εξής :

- Για 2 παρατηρητές , K_2 = 3,65
- Για 3 παρατηρητές , K_2 = 2,70 .

Αν η τιμή της υπόρριζης ποσότητας είναι αρνητική , η τιμή της AV που εμφανίζεται είναι μηδενική .

3) Υπολογισμός GR&R .

Το GR&R αποτελεί τη συνισταμένη της Επαναληψιμότητας και της Αναπαραγωγιμότητας . Η τιμή του μεγέθους GR&R υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση :

$$GR\&R = [\ (EV)^2 + (AV)^2\ ]^{(1/2)}$$

4) Υπολογισμός Μεταβλητότητας των Δοκιμίων (PV) .

Η τιμή του μεγέθους της Μεταβλητότητας των Δοκιμίων υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση :

$$PV = R_p \times K_3$$

όπου

R_p = max X_p – min X_p , X_p = μέση τιμή κάθε μετρούμενου δοκιμίου .

K_3 σταθερά που εξαρτάται από το πλήθος των τεμαχίων , ως εξής :

Πλή - θος Δοκι - μίων	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
K_3	3,65	2,70	2,30	2,08	1,93	1,82	1,74	1,67	1,62

5) Υπολογισμός Ολικής Μεταβλητότητας (TV) .

Η τιμή του μεγέθους της Ολικής Μεταβλητότητας δίνεται από τη σχέση :

$$TV = [\ (R\&R)^2 + (PV)^2\ ]^{(1/2)}$$

4.5.3 Short Method – AIAG .

4.5.3.1 Εισαγωγή .

Λέγεται , επίσης , Range Method .
Με τη μέθοδο αυτή μπορούμε να πραγματοποιήσουμε έναν γρήγορο προσδιορισμό της επίδρασης της επαναληψιμότητας και της αναπαραγωγιμότητας στην ολική μεταβλητότητα , χωρίς όμως να γίνεται διαχωρισμός ανάμεσα στα δύο μεγέθη .

4.5.3.2 Θεωρητική Ανάλυση Πειραματικών Δεδομένων .

Η τιμή του μεγέθους δίνεται από την παρακάτω σχέση :

$$\mathbf{GR\&R} = 5{,}15 / (\ d_2^{*} \times R'\ )$$

όπου
R’ το μέσο εύρος όλων των μετρήσεων
d_2^{*} σταθερά της οποίας η τιμή εξαρτάται από το πλήθος των παρατηρητών και το πλήθος των δοκιμίων .

Πλήθος Δοκιμίων	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2 παρατηρητές	1,41	1,28	1,23	1,21	1,19	1,18	1,17	1,17	1,16	1,16
3 παρατηρητές	1,91	1,81	1,77	1,75	1,74	1,73	1,73	1,72	1,72	1,72

5. ΜΕΤΡΟΤΕΧΝΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

5.1 Γενικά

Το Μετροτεχνικό Εργαστήριο αποτελεί οργανωτική μονάδα του Ε.Μ.Π. από το 1962 οπότε και ιδρύθηκε . Αρχικά , εγκαταστάθηκε στα κτίρια του Ε.Μ.Π. στην Πατησίων και το 1997 μετεγκαταστάθηκε στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου . Σήμερα , στεγάζεται στο Κτίριο Ν της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών .

5.2 Ο ρόλος του εργαστηρίου

Ο ρόλος του εργαστηρίου είναι διττός .

Το Μ.Ε. έχει εκπαιδευτικό ρόλο αφού επί σειρά ετών , αποτελεί το σύνδεσμο μεταξύ της ακαδημαικής διδασκαλίας και της πρακτικής εφαρμογής των όσων διδάσκονται στα μαθήματα του κύκλου σπουδών του Μηχανικού Παραγωγής της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του Ε.Μ.Π. . Συγκεκριμένα , το Εργαστήριο υποστηρίζει άμεσα τη διδασκαλία (με την εκπόνηση των υποχρεωτικών εργαστηριακών ασκήσεων) των μαθημάτων ‘Οργάνωση Παραγωγής και Διοίκηση Επιχειρήσεων Ι ‘ και ‘ Οργάνωση Παραγωγής και Διοίκηση Επιχειρήσεων ΙΙ ‘ .

Επιπλέον , ο εξοπλισμός και οι εγκαταστάσεις του εργαστηρίου χρησιμοποιούνται για την εκπόνηση διπλωματικών εργασιών τελειοφοίτων σπουδαστών , καθώς και για τις ανάγκες των μεταπτυχιακών σπουδαστών που εκπονούν διδακτορική διατριβή στο αντικείμενο της μετροτεχνίας .

Εκτός των ανωτέρω , το Μ.Ε. δραστηριοποιείται σε ερευνητικά έργα και έργα παροχής υπηρεσιών με σκοπό την υποβοήθηση της Ελληνικής Βιομηχανίας .

Επίσης , το Εργαστήριο δραστηριοποιείται στους εξής τομείς :

- Ανάπτυξη και εφαρμογή μεθοδολογιών προγραμματισμού έργων (Project Management) .
- Εκπόνηση μελετών Διαχείρισης Κινδύνων (Risk Management) στο πλαίσιο της υλοποίησης στρατηγικών επιχερησιακών αποφάσεων .
- Ανάπτυξη και Εφαρμογή μεθοδολογιών Διαχείρισης Κινδύνων στον Τομέα των Συστημάτων Διαχείρισης Επιχειρησιακών Πόρων (ERP Systems) .

και παρέχει τις υπηρεσίες του :

- Σε ερευνητικά έργα όπου απαιτούνται μετρήσεις χαρακτηριστικών μεγάλης ακρίβειας .
- Σε επιχειρήσεις για την εκτέλεση μετρήσεων ακριβείας και τη δημιουργία εργαστηρίων μετρήσεων και ελέγχου των κατασκευών τους.

- Σε κρατικούς οργανισμούς και ιδιωτικές επιχειρήσεις με διενέργεια μετρήσεων ακριβείας , παροχή υποδείξεων και συμβουλών επί σχετικών θεμάτων ώστε να γίνεται δυνατή η μέτρηση και η βελτίωση της ποιότητας των μηχανουργικών και άλλων κατασκευών .

5.3 Εξοπλισμός

Το εργαστήριο διαθέτει :

- Όργανα και μηχανές ακριβείας μετρήσεως μηκών και γωνιών .
- Όργανα ελέγχου επιπεδότητας και παραλληλότητας επιφανειών .
- Συσκευή μετρήσεως τραχύτητας επιφανειών .
- Όργανα ελέγχου κνωδάκων , οδοντωτών τροχών και σπειρωμάτων , σειράς ελεγκτήρων και αντελεγκτήρων .
- Συσκευή ελέγχου της συνέχειας των υλικών με υπερήχους .
- Συσκευή παραγωγής προτύπου μήκους με συμβολή μονοχρωματικού φωτός , κ.ά. .

5.4 Εγκαταστάσεις

5.4.1 Χώροι .

Οι χώροι που διαθέτει το εργαστήριο είναι οι εξής :

Χ1 : Γραφείο Διευθυντή Εργαστηρίου .

Χ2 : Γραφείου Υπευθύνου Ποιότητας .

Χ3 : Γραφείου Τεχνικού Υπευθύνου & Υπευθύνου Διαχείρισης Εξοπλισμού.

Χ4 : Γραφείο Υπευθύνου Εξυπηρέτησης Πελατών και Υπευθύνου Προμηθειών .

Χ5 : Χώρος Ελεγχόμενων Συνθηκών .

Χ6 : Βοηθητικός Χώρος Αίθουσας Ελεγχόμενων Συνθηκών .

Χ7 : Χώρος Εργαστηριακών Ασκήσεων .

5.4.2 Αίθουσα Ελεγχόμενων Συνθηκών .

Για τη δημιουργία ελεγχόμενων συνθηκών για διαστασιακές μετρήσεις ακριβείας και την έκδοση των πιστοποιητικών διακρίβωσης με καταγεγραμμένη την ακρίβεια των μετρήσεων και υπολογισμένη την αβεβαιότητά τους έχει δημιουργηθεί χώρος ελεγχόμενων συνθηκών . Οι δυνατότητες του χώρου αυτού (αίθουσα μετρήσεων) πληρούν τις εξής συνθήκες :

- Σταθερή θερμοκρασία .
- Απαλλαγή από δονήσεις .
- Ελεγχόμενη υγρασία αέρα .
- Καθαριότητα και απαλλαγή από σκόνη .
- Ικανοποιητικός χώρος για άνετη εργασία .

Η ρύθμιση της θερμοκρασίας είναι αυτόματη από σύστημα κλιματισμού . Η θερμοκρασία διατηρείται σε όριο δυνατών αποκλίσεων ± 0.5^{o} C από την κανονική θερμοκρασία των 20° C (που είναι ακριβώς ίση με 68 F) . Οι τοίχοι , τα δάπεδα και η οροφή είναι κατάλληλα θερμομονωμένοι . Γίνεται εισαγωγή θερμού ή ψυχρού αέρα από την οροφή ή το δάπεδο με πολύ μικρή ταχύτητα για την αποφυγή στροβιλισμών που συνεπάγεται την ανομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας στο χώρο . Η τοποθέτηση ισχυρών λαμπτήρων σε μικρές αποστάσεις είναι η αιτία μίας τοπικής διέγερσης της θερμοκρασίας . Σε διάφορα σημεία του χώρου έχουν τοποθετηθεί ακριβή θερμόμετρα για τον έλεγχο του αυτόματου συστήματος ρύθμισης της θερμοκρασίας . Ο χώρος

είναι απαλλαγμένος από δονήσεις , γεγονός που συντελεί στην εξαγωγή ακριβών μετρήσεων . Η μετρητική μηχανή είναι τοποθετημένη σε μονομπλόκ από τσιμέντο . Οι ελαφρές δονήσεις από το κτίριο στο πάτωμα συχνότητας 1 μέχρι 100 Hz αποσβένονται από μονωτικά ISOLATOR μαξιλάρια από μαλακό λάστιχο . Ο χώρος ελέγχεται για δονήσεις με επιταχυνσιόμετρα . Στην περίπτωση που η σχέση υγρασίας αέρος υπερβαίνει το 50±2% τότε τα μηχανήματα θα διαβρωθούν . Γι'αυτό προβλέπεται αυτόματη ρύθμιση της υγρασίας , μέσω πλήρους συστήματος κλιματισμού .

Επιπλέον , για την αποφυγή της φθοράς στα μηχανικά μέρη και της δημιουργίας γρατσουνιών , επιδιώκεται η σχολαστική καθαριότητα του χώρου. Για την αποφυγή της συσσώρευσης της σκόνης , το δάπεδο είναι αντιστατικό και το σύστημα κλιματισμού έχει ενσωματωμένα φίλτρα καθαρισμού του αέρα ώστε να αφαιρείται η σκόνη .

Οι χώροι του εργαστηρίου είναι ικανοποιητικοί για άνετη εργασία με διαθέσιμο χώρο για τα προς μέτρηση κομμάτια και όλα τα αντικείμενα που πρέπει να τοποθετούνται για ορισμένες ώρες στο χώρο ελεγχόμενων συνθηκών ώστε να επιτευχθεί εξίσωση θερμοκρασίας . Όλα τα ανωτέρω προβλέπονται στις Γερμανικές Προδιαγραφές VDI / VDE 2627 , οι οποίες αναμένονται σύντομα να καθιερωθούν από τον ΕΛΟΤ σαν ελληνικό πρότυπο .

Γενικά , σαν οδηγός για την κατασκευή της αίθουσας ελεγχόμενων συνθηκών έχει χρησιμοποιηθεί η Γερμανική Προδιαγραφή VDI/VDE 2627 Blatt 1 , που είναι η μοναδική προδιαγραφή για χώρους μετρήσεων στον κόσμο . Ιδιαίτερη προσοχή έχει δοθεί στον έλεγχο των δύο βασικότερων περιβαλλοντικών παραμέτρων που επηρεάζουν τις διαστασιακές μετρήσεις : τη θερμοκρασία και τις ταλαντώσεις .

5.5 Εφαρμογή Προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025 : 2005

Για την εφαρμογή του προτύπου ISO 17025:2005 κρίθηκαν απαραίτητα :

- Η αναβάθμιση της υπάρχουσας κτιριακής υποδομής ώστε αυτή να ανταποκρίνεται στις σύγχρονες απαιτήσεις ενός χώρου μετρήσεων ακριβείας .
- Η αναβάθμιση του εξοπλισμού του εργαστηρίου , ώστε αυτός να καταστεί σύγχρονος και να διευρύνει το πεδίο των διαστατικών μετρήσεων που δύνανται να εκτελεστούν .

Η αναβάθμιση του εργαστηρίου ολοκληρώθηκε με την τοποθέτηση ενός συστήματος καταγραφής και επεξεργασίας δεδομένων , το οποίο δέχεται πληροφορίες από μια μεγάλη σειρά αισθητήρων κατάλληλα τοποθετημένων στο χώρο για να εξασφαλιστεί η απρόσκοπτη συλλογή των περιβαλλοντικών δεδομένων , στο μέτρο που απαιτείται .

Η οργάνωση και η προετοιμασία του Εργαστηρίου Δοκιμών του Μετροτεχνικού Εργαστηρίου σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025 : 2005 απαιτεί :

- Προσαρμογή της λειτουργίας του εργαστηρίου στα γενικά κριτήρια τεχνικής επάρκειας εργαστηρίων και δοκιμών , έτσι όπως περιγράφονται από το Ευρωπαϊκό Πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025: 2005 .
- Καταγραφή όλων των διαδικασιών του εργαστηρίου που σχετίζονται με τα γενικά κριτήρια του ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025 : 2005 , ώστε να προκύψει η τεκμηρίωση του Συστήματος Ποιότητας . Αυτό θα περιλαμβάνει το Εγχειρίδιο Ποιότητας , Διαδικασίες Ποιότητας και ειδικές Διαδικασίες Ποιότητας για κάθε δοκιμή με τις απαραίτητες Οδηγίες Εργασίας .
- Σχεδιασμός και τήρηση αρχείων (εντύπων ή ηλεκτρονικών) που να αποδεικνύουν την εφαρμογή των Διαδικασιών Ποιότητας και των

Οδηγιών Εργασίας και την αποτελεσματική λειτουργία του Συστήματος Ποιότητας , με ιδιαίτερη έμφαση στον σχεδιασμό των Εκθέσεων και Πιστοποιητικών που το εργαστήριο θα εκδίδει μετά την διαπίστευσή του .

6. GAGETRAK

6.1 Γενικά

Το λογισμικό Gagetrak είναι προιόν της Αμερικανικής Εταιρείας Cybermetrics Corporation . Πρόκειται για μία βάση δεδομένων που σχεδιάστηκε για επαγγελματίες του Ελέγχου Ποιότητας και κυκλοφόρησε για πρώτη φορά πριν από 20 χρόνια .

Το Gagetrak συμβάλλει αποτελεσματικά στη διαχείριση του φόρτου εργασίας ενός εργαστηρίου αφού συμπεριλαμβάνει όλες τις εργασίες που εκτελούνται κατά τη συνήθη λειτουργία ενός εργαστηρίου . Συνεπώς , συντελεί στη μείωση του κόστους και στη διασφάλιση της ικανοποίησης του εκάστοτε πελάτη .

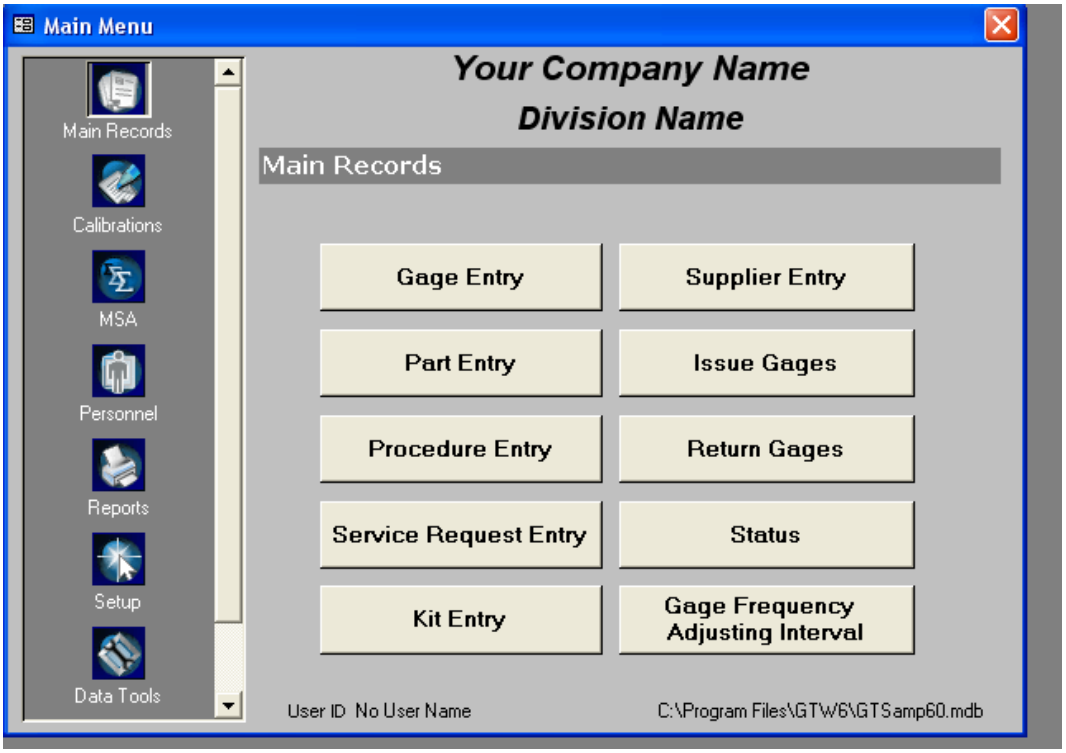
6.2 Χαρακτηριστικά

Το Gagetrak εξασφαλίζει τα κάτωθι :

- Εντοπισμός μετρητικού οργάνου .
- Αυτόματη ή χειροκίνητη ρύθμιση των ημερομηνιών βαθμονομήσεων .
- Υπολογισμός Αβεβαιότητας .
- Ιστορικό Βαθμονομήσεων .
- Εκχώρηση – επιστροφή οργάνων .
- Ιχνηλασιμότητα .
- Επιλεκτική Πρόσβαση Δεδομένων .
- Measurement System Analysis .
- Διαμορφούμενες κατά βούληση Αναφορές .
- Πιστοποιητικά Βαθμονόμησης .
- Συμβατότητα με PDA .
- Ασφάλεια ανά ομάδες και δυνατότητα χρήσης passwords .
- Συμφωνία με τα πρότυπα ISO 9000 και ISO 17025 .
- Γρήγορη Αναζήτηση .
- Επισυνάψεις .
- Αυτόματη ενημέρωση με αποστολή email .
- Προγραμματισμός Βαθμονομήσεων .

6.3 Σύντομη Περιγραφή του λογισμικού

Κατά το άνοιγμα του προγράμματος , εμφανίζεται στα αριστερά της οθόνης το Main Menu του προγράμματος , το οποίο περιέχει τις βασικές λειτουργίες του , ομαδοποιημένες .



Με τη επιλογή του κατάλληλου εικονιδίου από τη λίστα στα αριστερά , παρουσιάζονται οι βασικές λειτουργίες που περιλαμβάνονται σε αυτό .

Κάτω αριστερά , φαίνεται το όνομα του χρήστη (logged-in user) και κάτω δεξιά , το όνομα του αρχείου που είναι ανοιχτό .

Ακολουθεί σύντομη περιγραφή των βασικών λειτουργιών .

6.3.1 Main Records .

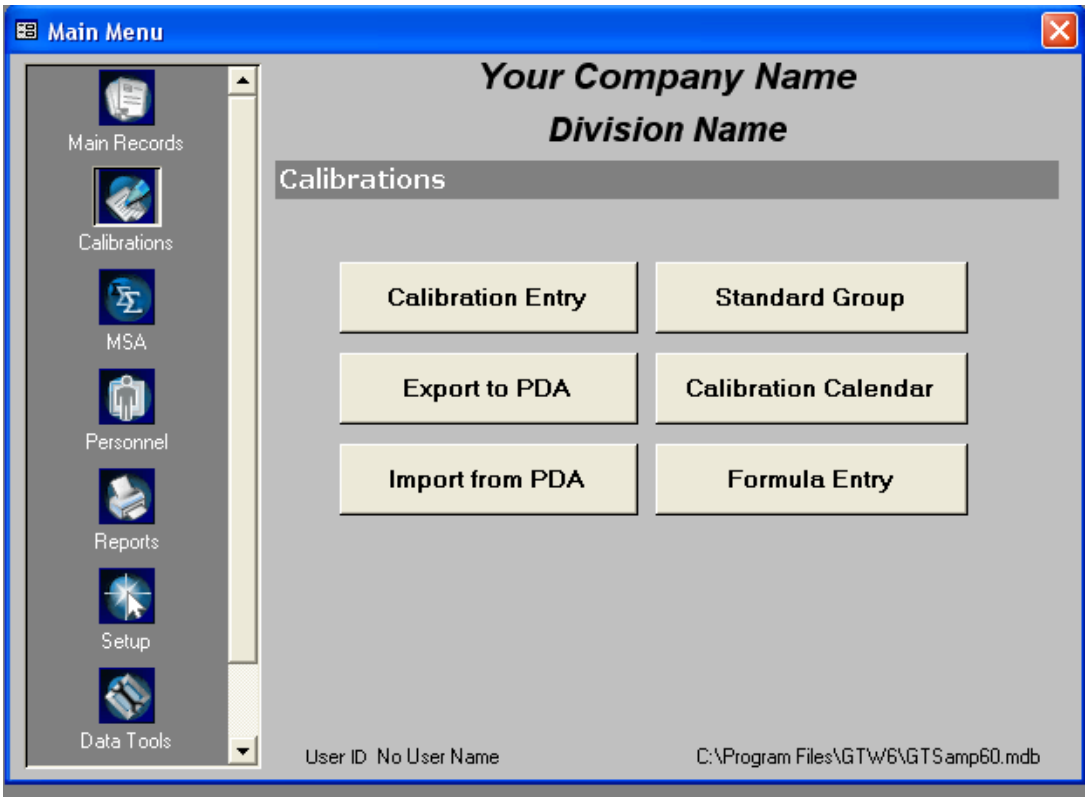
Περιλαμβάνει :

- Βασικές πληροφορίες για κάθε μετρητικό όργανο , όπως Gage ID , Κατάσταση διαθέσιμων οργάνων , Gage Serial Number , Asset No , Τύπος , Μονάδα Μέτρησης, Θέση Αποθήκευσης , Ημερομηνία service , Ημερομηνία Απόσυρσης , Κόστος Κτήσης , Ημερομηνία Αγοράς , Κατασκευαστής , Στατιστικά δεδομένα , Ιστορικό Βαθμονομήσεων και Ελέγχων , Διαδικασίες , πρόγραμμα βαθμονομήσεων , πρόγραμμα μελέτης R & R .
- Βασικές Πληροφορίες για τα εξεταζόμενα δοκίμια , όπως διαστάσεις, περιγραφή , λειτουργία , αριθμό σχεδίου , χρησιμοποιούμενη μέθοδο , κ.λ.π. .
- Χρησιμοποιούμενες διαδικασίες , περιγραφή αυτών , εικόνες και επισυναπτόμενα αρχεία .
- Αναλυτικές πληροφορίες για τη συντήρηση των μετρητικών οργάνων .
- Αναλυτικές πληροφορίες για τους προμηθευτές των οργάνων .
- Πληροφορίες για την εκχώρηση των οργάνων σε τρίτους και την επιστροφή τους στο εργαστήριο .
- Αποτελέσματα των ελέγχων των οργάνων .

6.3.2 Calibrations .

Περιλαμβάνει :

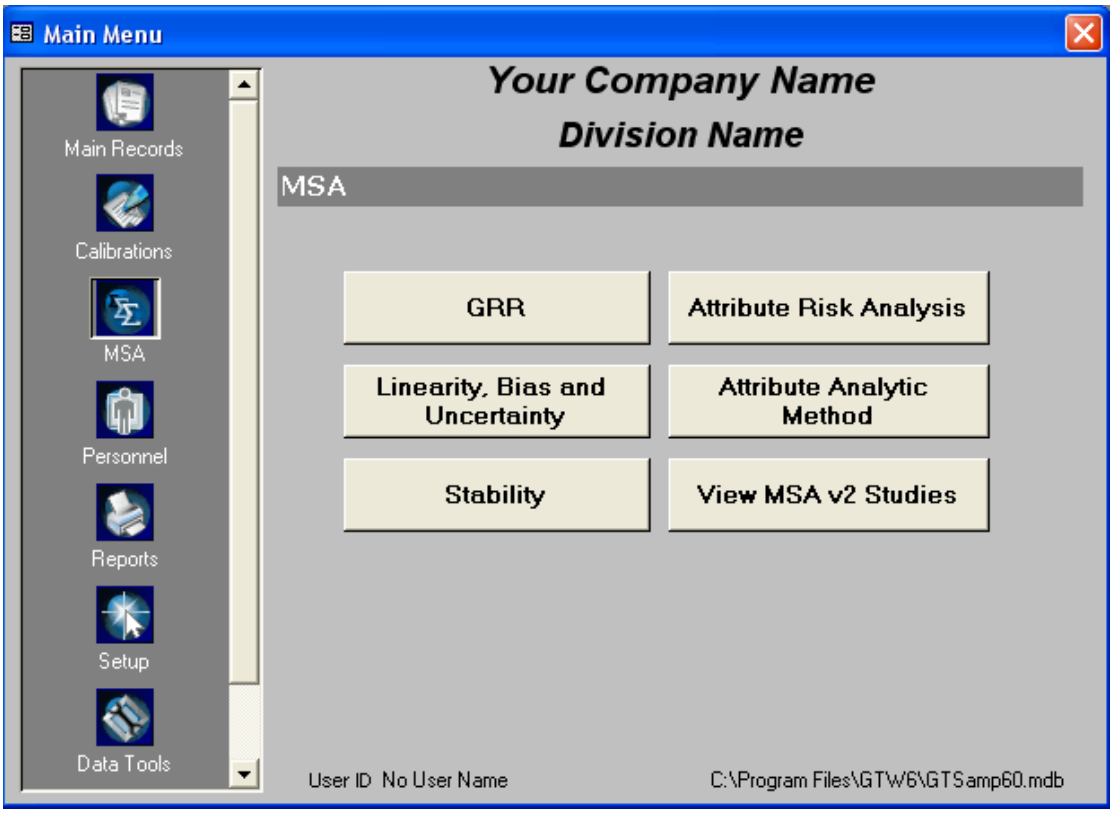
- Έλεγχοι οργάνων και βαθμονομήσεις καθώς και όλες οι σχετικές με αυτούς πληροφορίες .
- Αποτελέσματα μελέτης και ευρήματα .
- Συνεργασία με PDA .
- Ημερολόγιο Βαθμονομήσεων .



6.3.3 MSA .

Περιλαμβάνει :

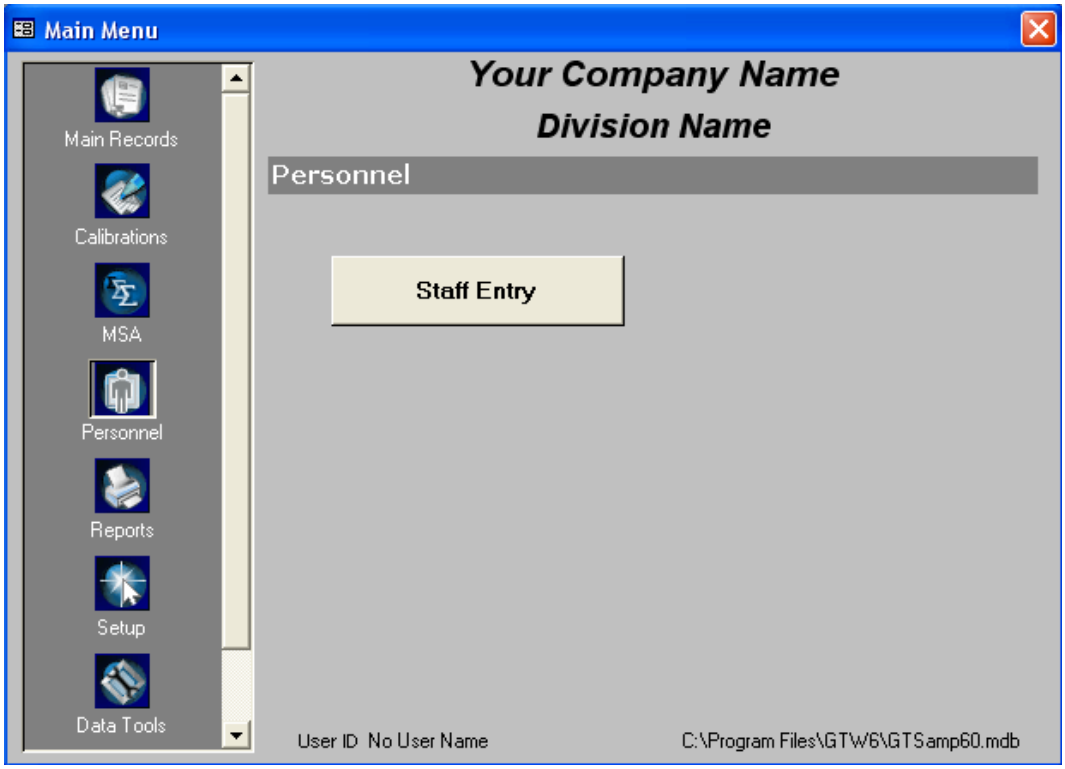
- Μελέτη της Αναπαραγωγιμότητας και της Επαναληψιμότητας .
- Μελέτη της Γραμμικότητας .
- Μελέτη της Σταθερότητας .
- Μελέτη του Συστηματικού Σφάλματος .
- Διαγράμματα για τη μελέτη των παραπάνω μεγεθών .



6.3.4 Personnel .

Περιλαμβάνει :

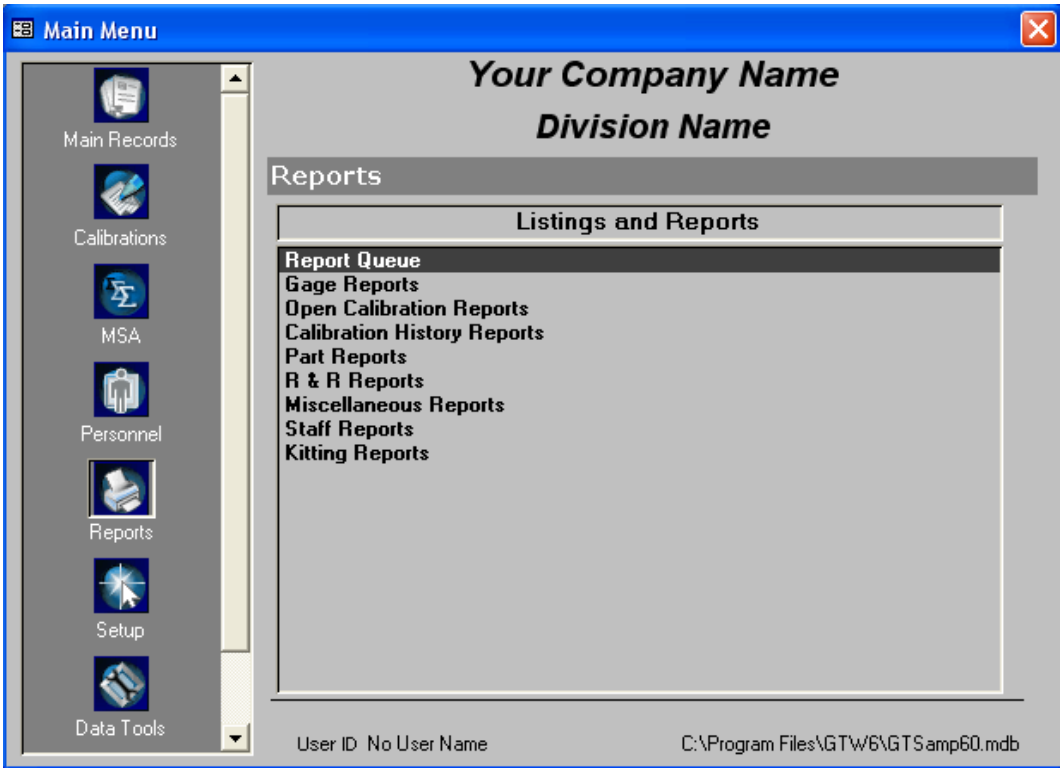
- Πληροφορίες για όλους τους εργαζόμενους του εργαστηρίου , όπως Προσωπικά Στοιχεία , εκπαίδευση αυτών , κ.λ.π. .
- Τα όργανα τα οποία είναι εξουσιοδοτημένος κάθε εργαζόμενος να χρησιμοποιεί .



6.3.5 Reports .

Περιλαμβάνει αναφορές :

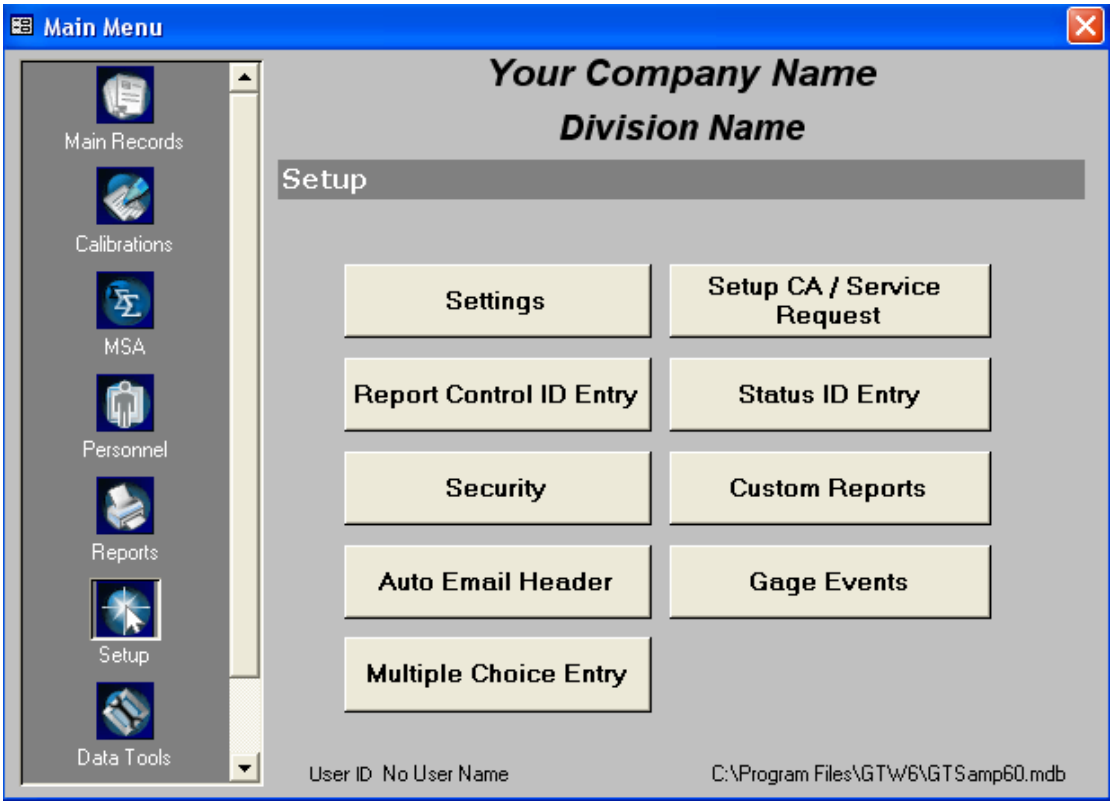
- Για τα Όργανα .
- Για τα Δοκίμια .
- Για το Προσωπικό .
- R & R .
- Για τις Βαθμονομήσεις .
- Για το Ιστορικό των Βαθμονομήσεων .



6.3.6 Setup .

Περιλαμβάνει :

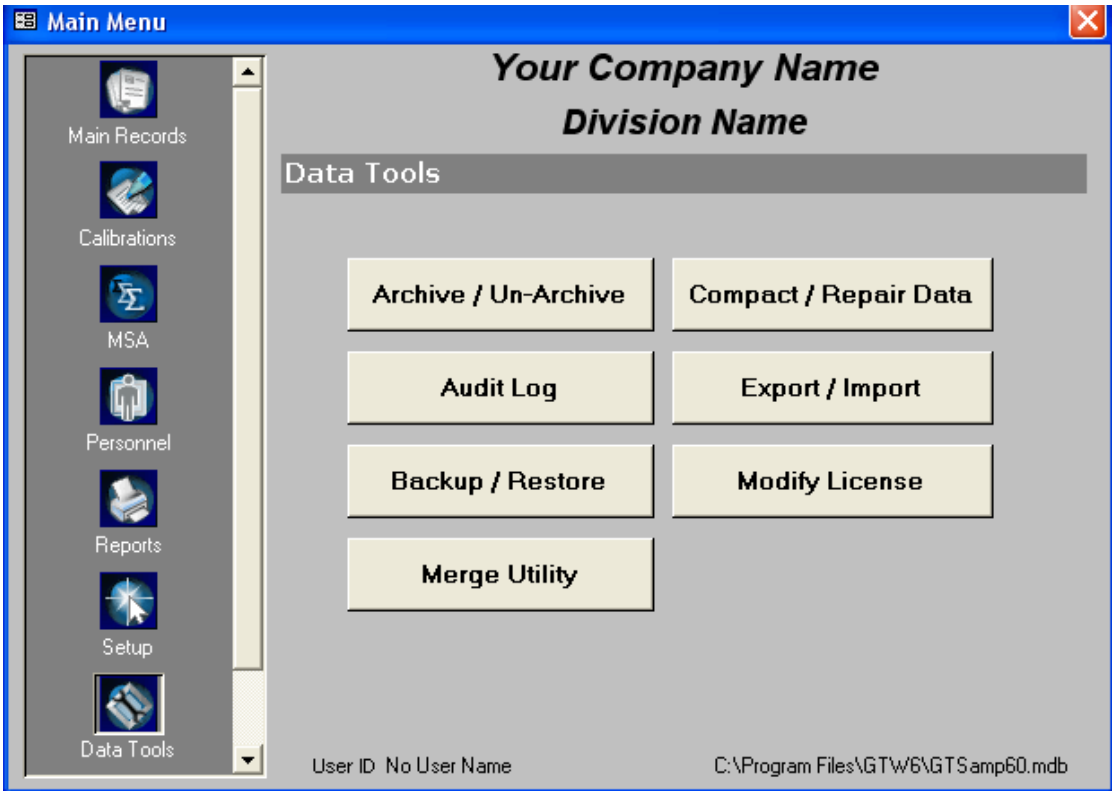
- Ρυθμίσεις για την Ασφάλεια .
- Ρυθμίσεις για τις Αναφορές .
- Αυτόματη Ενημέρωση μέσω email .
- Ρυθμίσεις για τις Βαθμονομήσεις .



6.3.7 Data Tools .

Περιλαμβάνει :

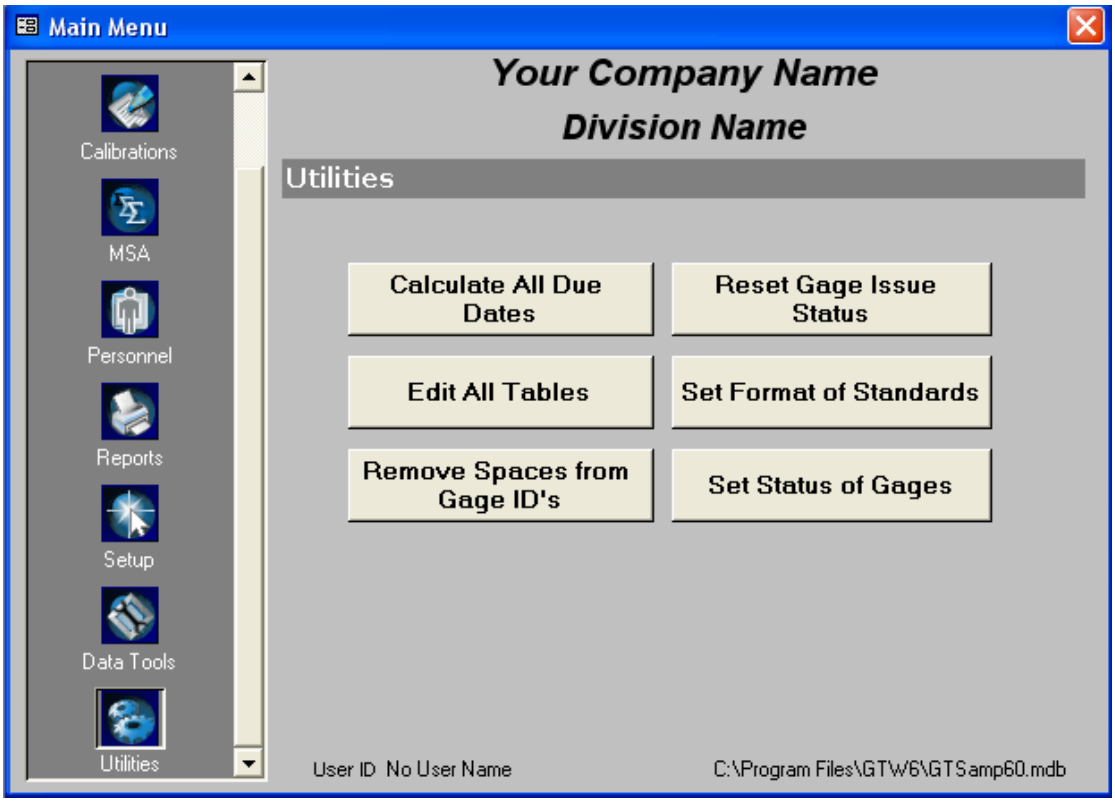
- Πληροφορίες για τους τύπους των αρχείων .
- Πληροφορίες για την Αυτόματη Αποθήκευση .
- Πληροφορίες για τις Επιθεωρήσεις .



6.3.8 Utilities .

Περιλαμβάνει :

- Πληροφορίες για τις προθεσμίες ελέγχων .
- Πληροφορίες για τις λανθασμένες καταχωρήσεις κατάστασης .
- Ρύθμιση δεκαδικών ψηφίων αριθμών .



7. ΟΔΗΓΙΕΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ MSA

7.1 ΟΔΗΓΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗ ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ

7.1.1 Σκοπός

Η οδηγία εργασίας αυτή περιγράφει τον τρόπο καταχώρησης ενός μετρητικού οργάνου στην αντίστοιχη καρτέλα . Η καταχώρηση του μετρητικού οργάνου είναι το πρώτο και απαραίτητο βήμα για την εκτέλεση οποιασδήποτε λειτουργίας με το λογισμικό Gagetrak . Η επιλογή μετρητικού οργάνου (Gage ID) από τη λίστα των καταχωρημένων είναι προυπόθεση και το πρώτο βήμα για τη διεξαγωγή οποιαδήποτε μελέτης .

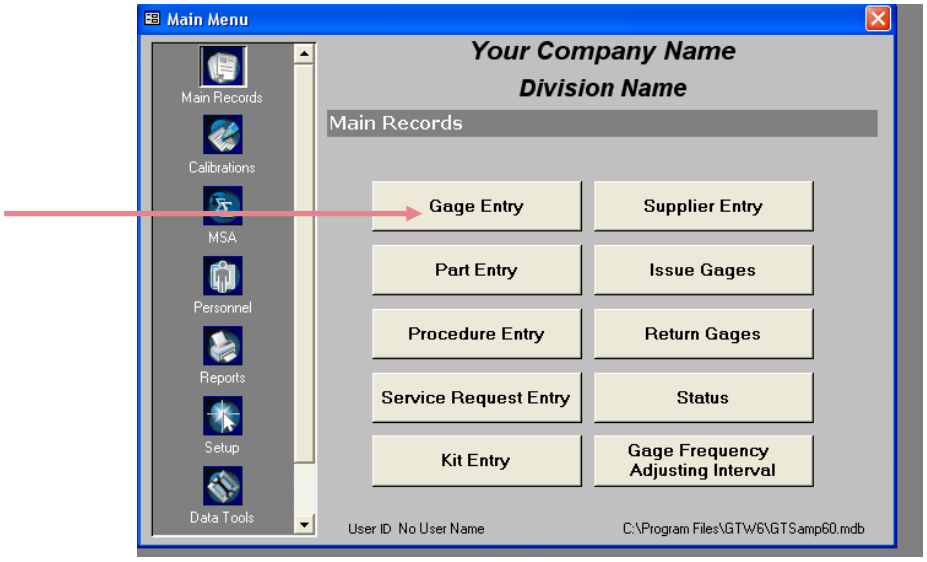
7.1.2 Εμπλεκόμενα πρόσωπα

Τα εμπλεκόμενα πρόσωπα είναι το προσωπικό του εργαστηρίου που είναι εξουσιοδοτημένο για τη μέτρηση αυτή και γνωρίζει τις οδηγίες του κατασκευαστή της μετρητικής μηχανής .

7.1.3 Περιγραφή

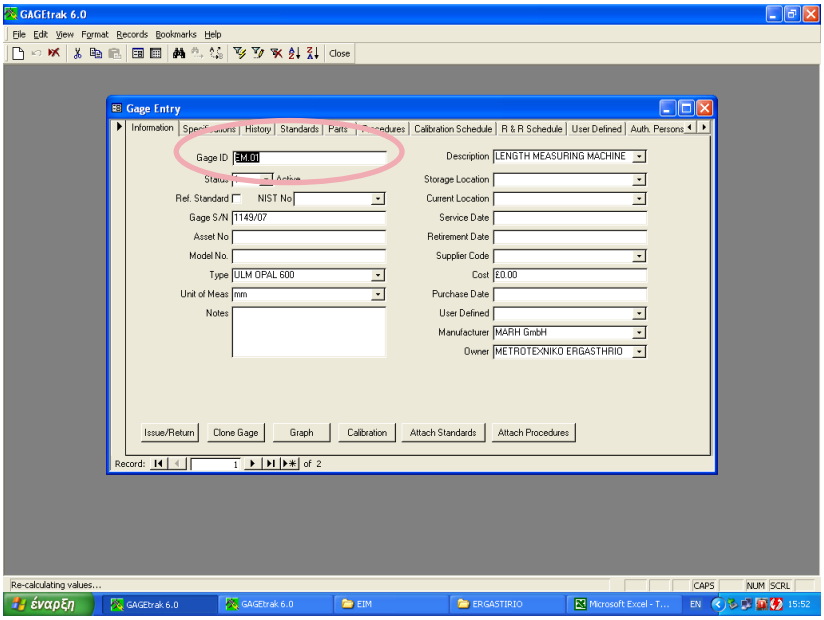
<u>Βήμα 1</u>

Ανοίγοντας το πρόγραμμα , επιλέγουμε από το main menu που εμφανίζεται την ενότητα Main Records (είναι η πρώτη ενότητα που εμφανίζεται στην οθόνη όταν ανοίγουμε το πρόγραμμα) και στη συνέχεια Gage Entry .



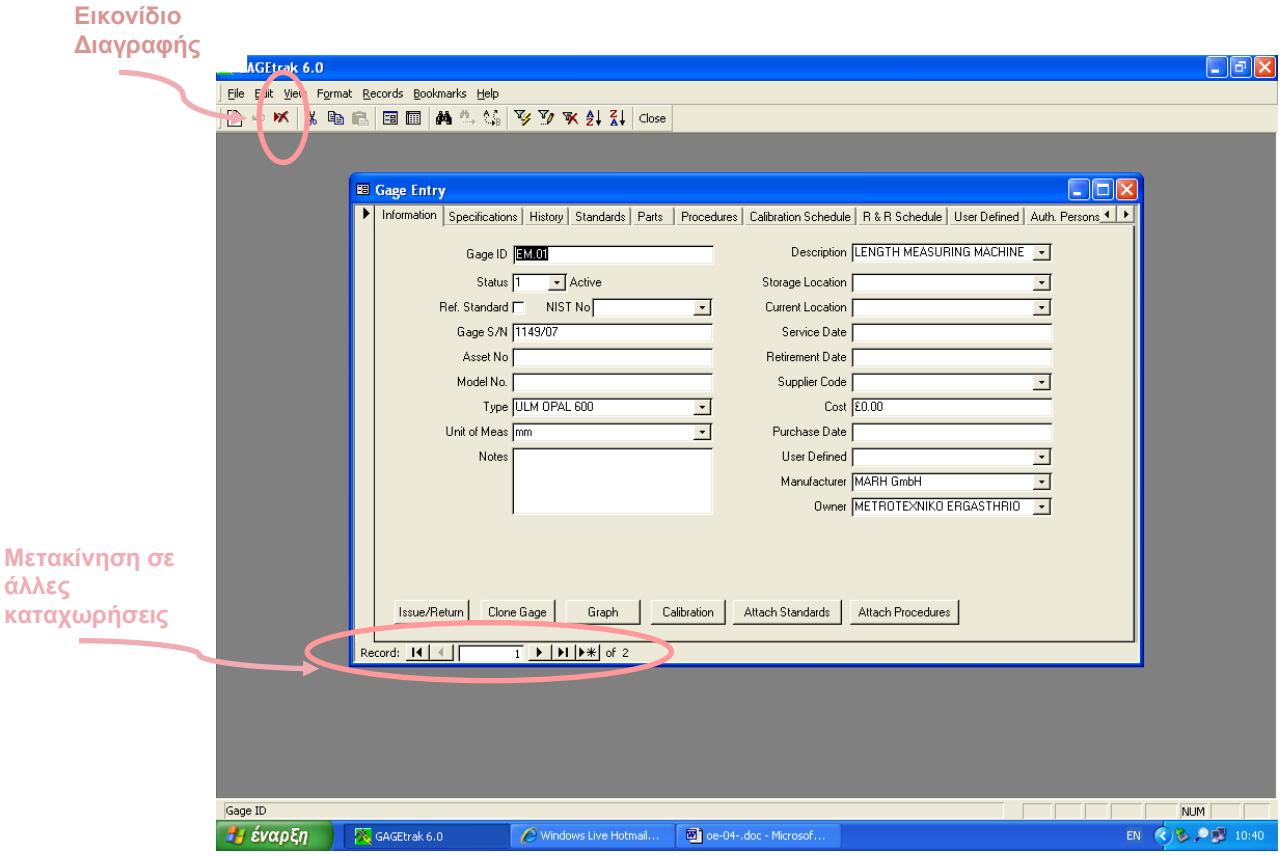
Βήμα 2

Στη συνέχεια ανοίγει η καρτέλα Gage Entry στην οποία καταχωρούμε όσα περισσότερα στοιχεία έχουμε στη διάθεσή μας για το μετρητικό όργανο . Το απαραίτητο πεδίο που πρέπει να συμπληρωθεί γιατί χρησιμοποιείται και για την εκτέλεση MSA , είναι το Gage ID .



Βήμα 3

Το λογισμικό αυτόματα αποθηκεύει την καταχώρηση . Για τη διαγραφή της μελέτης , επιλέγουμε από το κεντρικό menu το κόκκινο εικονίδιο ενώ από την μπάρα στο κάτω μέρος του παραθύρου μπορούμε να βρούμε παλαιότερες καταχωρήσεις .



7.2 ΟΔΗΓΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΙΜΟΤΗΤΑΣ (EV)

7.2.1 Σκοπός

Η παρούσα οδηγία εργασίας περιγράφει τον τρόπο υπολογισμού της επαναληψιμότητας . Η επαναληψιμότητα (repeatability – EV) είναι βασικός συντελεστής της συνολικής μεταβλητότητας TV και είναι η συνιστώσα της που οφείλεται στο χρησιμοποιούμενο εξοπλισμό .

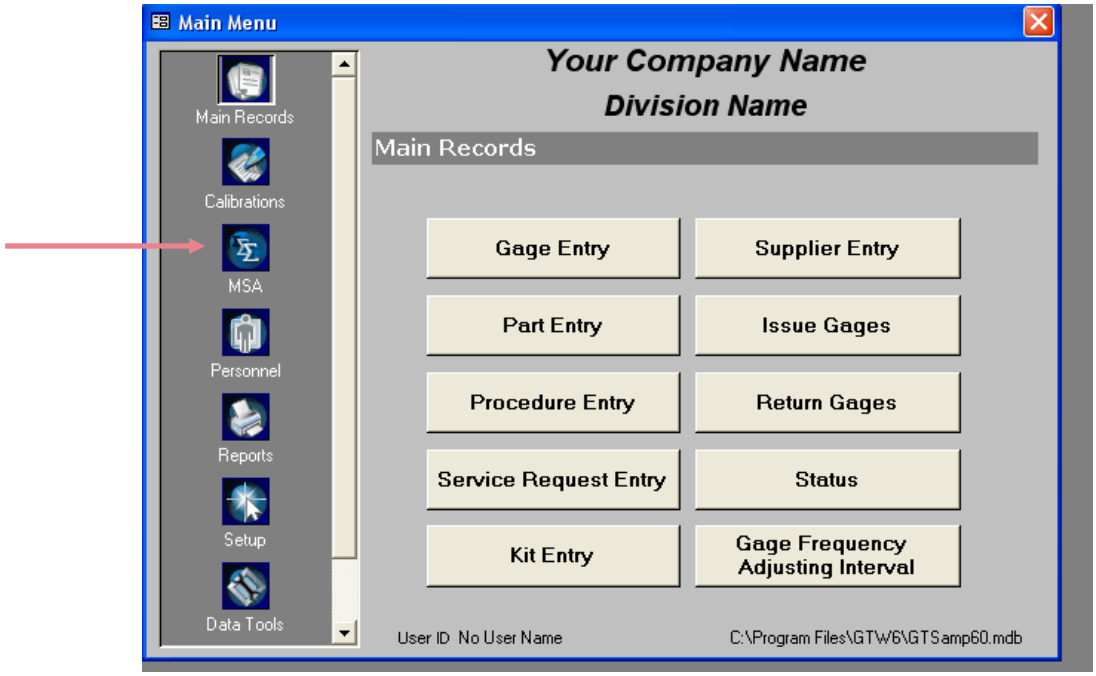
7.2.2 Εμπλεκόμενα πρόσωπα

Τα εμπλεκόμενα πρόσωπα είναι το προσωπικό του εργαστηρίου που είναι εξουσιοδοτημένο για τη μέτρηση αυτή και γνωρίζει τις οδηγίες του κατασκευαστή της μετρητικής μηχανής .

7.2.3 Περιγραφή

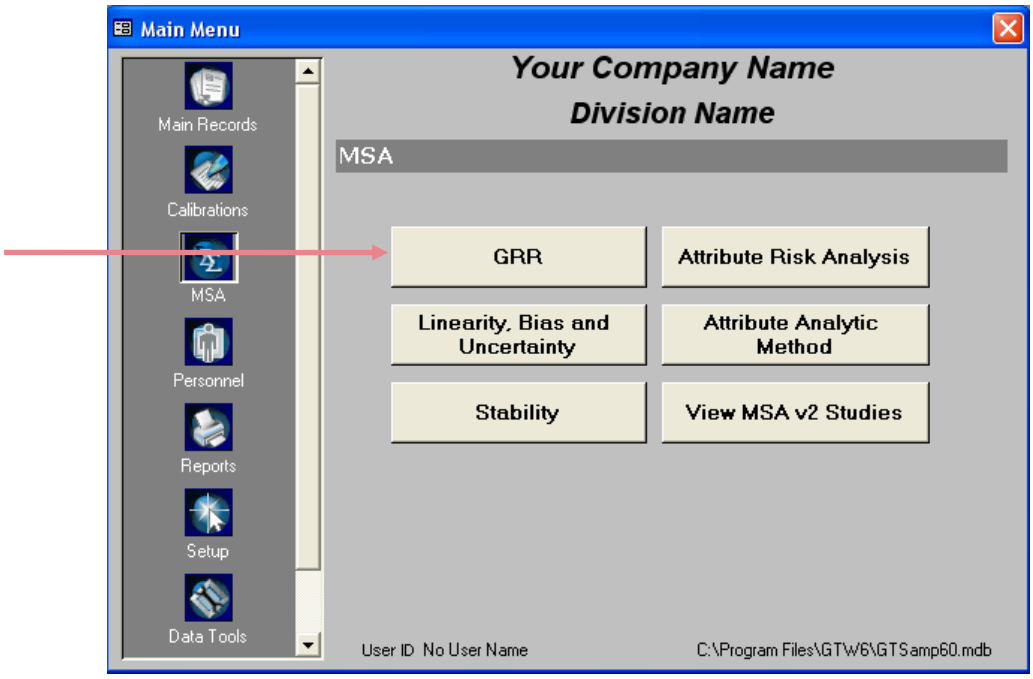
<u>Βήμα 1</u>

Από το main menu επιλέγουμε το εικονίδιο MSA .



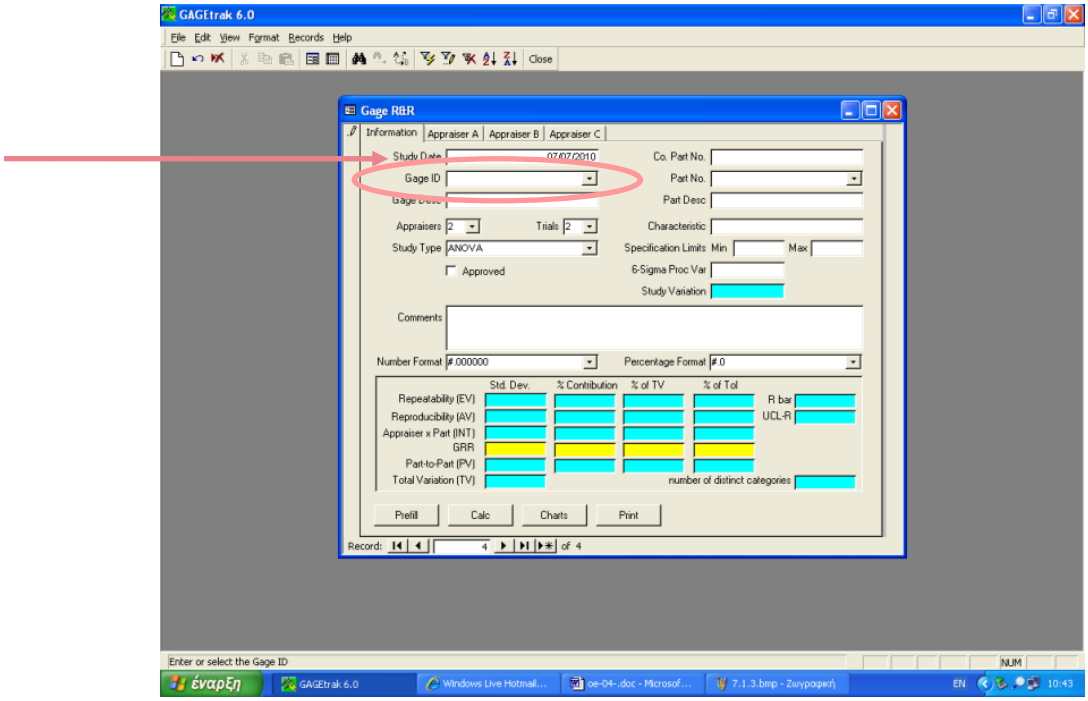
Βήμα 2

Στη συνέχεια επιλέγουμε GRR .



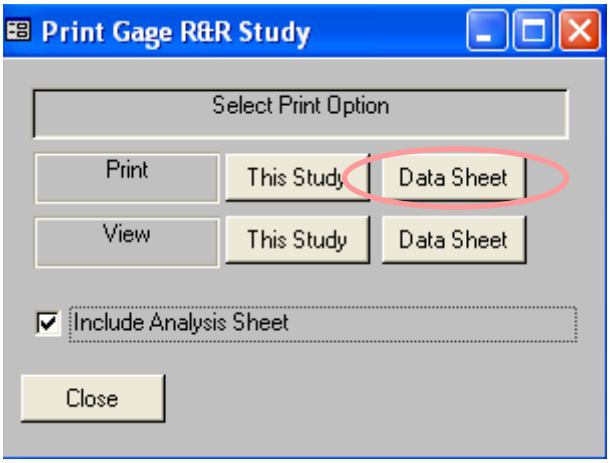
Βήμα 3

Ανοίγει η καρτέλα Information . Το λογισμικό εμφανίζει την ημερομηνία στο πεδίο Study Date , η οποία δεν αλλάζει από το χρήστη . Από τη λίστα που εμφανίζεται στο πεδίο Gage ID επιλέγουμε μετρητική μηχανή και από το πεδίο Study Type επιλέγουμε τη μέθοδο που θα χρησιμοποιήσουμε για τη διεξαγωγή της μελέτης .

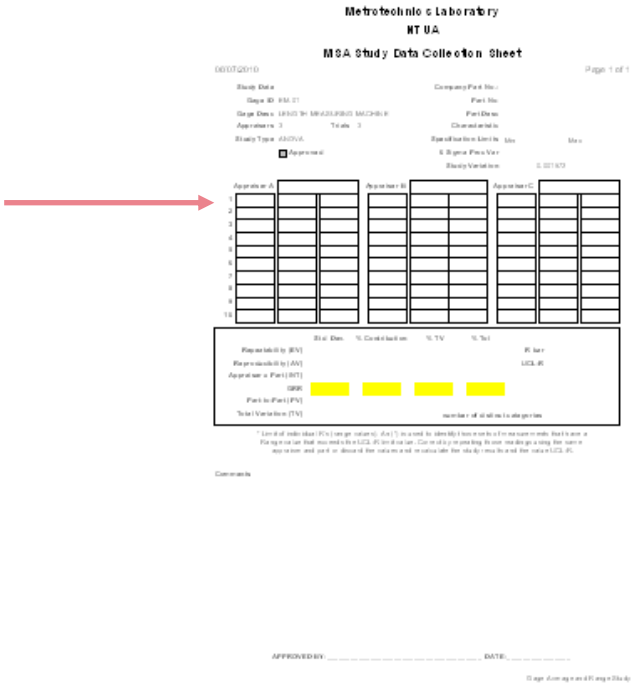


Βήμα 4

Πατώντας το tab Print ανοίγει το παρακάτω παράθυρο επιλογών από το οποίο επιλέγουμε Print Data Sheet .



Τυπώνουμε δηλαδή ένα κενό Data Sheet με δομή όμοια με τη δομή της καρτέλας του προγράμματος όπου θα καταχωρήσουμε αργότερα τις μετρήσεις για τη διευκόλυνσή μας .



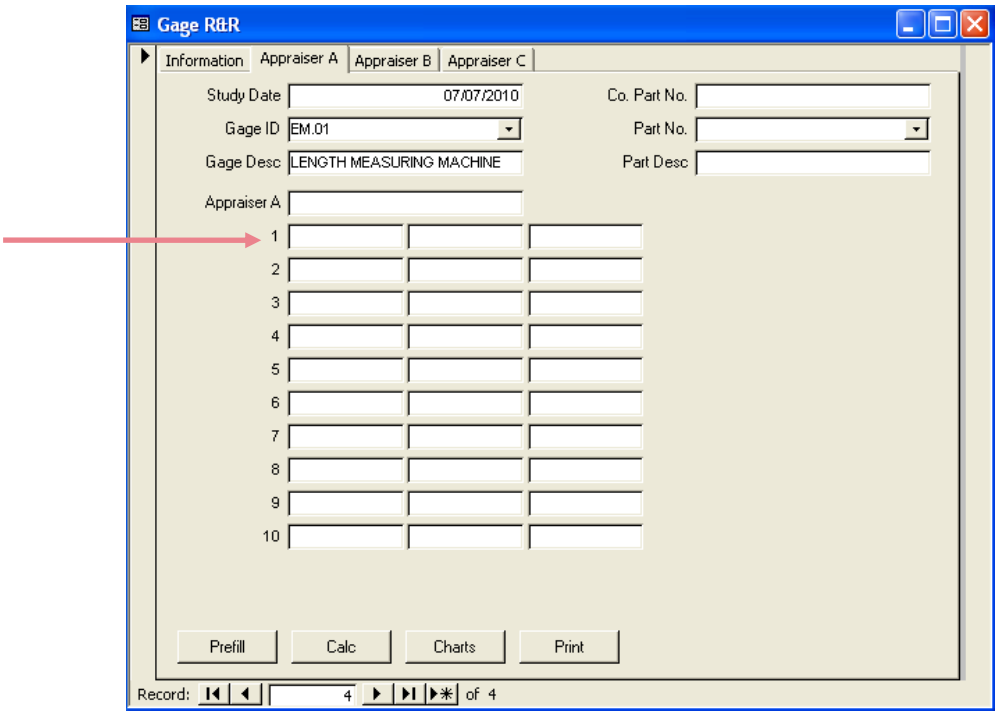
Βήμα 5

Εκτελούμε τις μετρήσεις . Το Gagetrak απαιτεί κατ'ελάχιστο 2 trials , 2 παρατηρητές και 2 μετρούμενα τεμάχια (parts) . Ωστόσο τα αποτελέσματα με τόσο μικρό πλήθος μετρήσεων δεν είναι ακριβή και επιπλέον το πρόγραμμα

δε μας δίνει Διαγράμματα . Για μεγαλύτερη ακρίβεια και διαγράμματα απαιτούνται τουλάχιστον 2 trials , 2 παρατηρητές και 5 μετρούμενα τεμάχια ενώ η καλύτερη πρακτική είναι η μέτρηση 10 τεμαχίων από 3 παρατηρητές , 3 φορές από κάθε παρατηρητή (trials) . Σημειώνουμε τα αποτελέσματα στο Data Sheet που τυπώσαμε προηγουμένως .

Βήμα 6

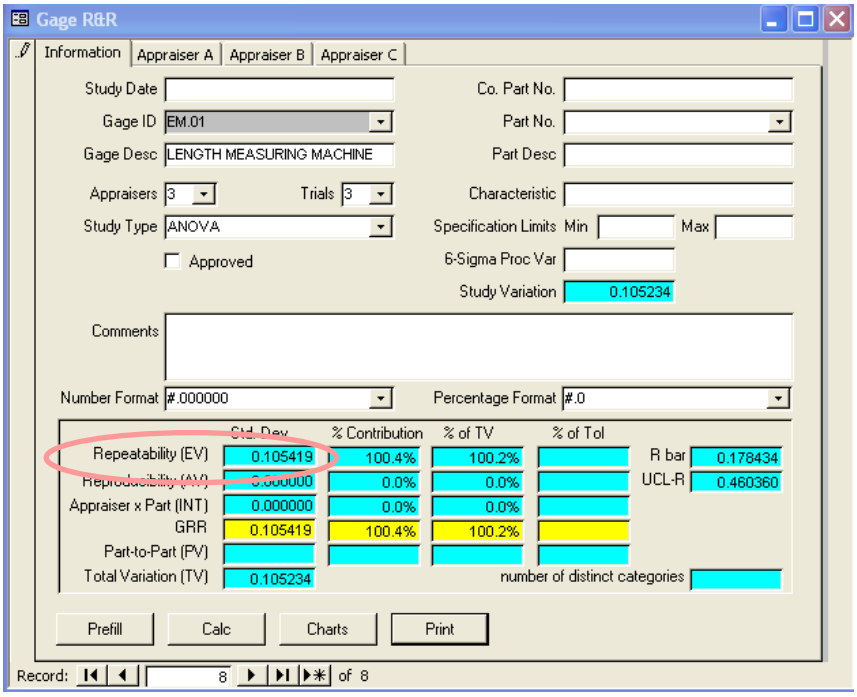
Καταχωρούμε τις μετρήσεις στο πρόγραμμα . Η καταχώρηση των μετρήσεων κάθε παρατηρητή γίνεται στην αντίστοιχη καρτέλα Appraiser A , Appraiser B και Appraiser C .



Βήμα 7

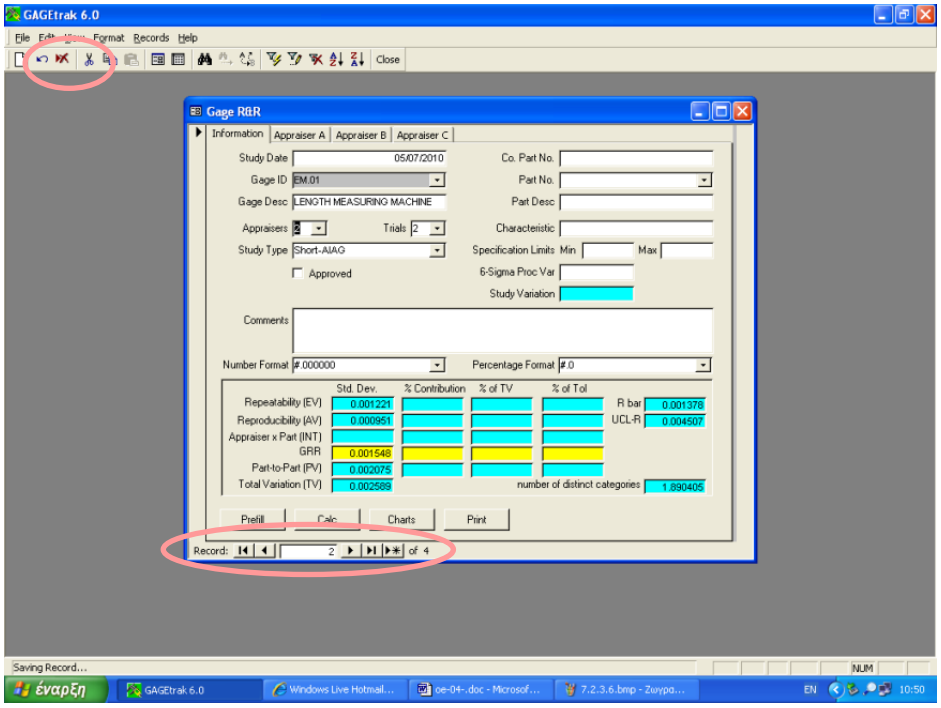
Μετά την καταχώρηση όλων των διαθέσιμων μετρήσεων , επιστρέφουμε στην καρτέλα Information και πατάμε Calc . Το πρόγραμμα υπολογίζει την παράμετρο EV ως αριθμό , ως ποσοστό της TV και το ποσοστό συνεισφοράς

της στην GRR . Επίσης , υπολογίζει την AV , την GRR , την PV , την TV , το R (μέσο εύρος) και το UCL-R (άνω όριο ελέγχου του εύρους) .



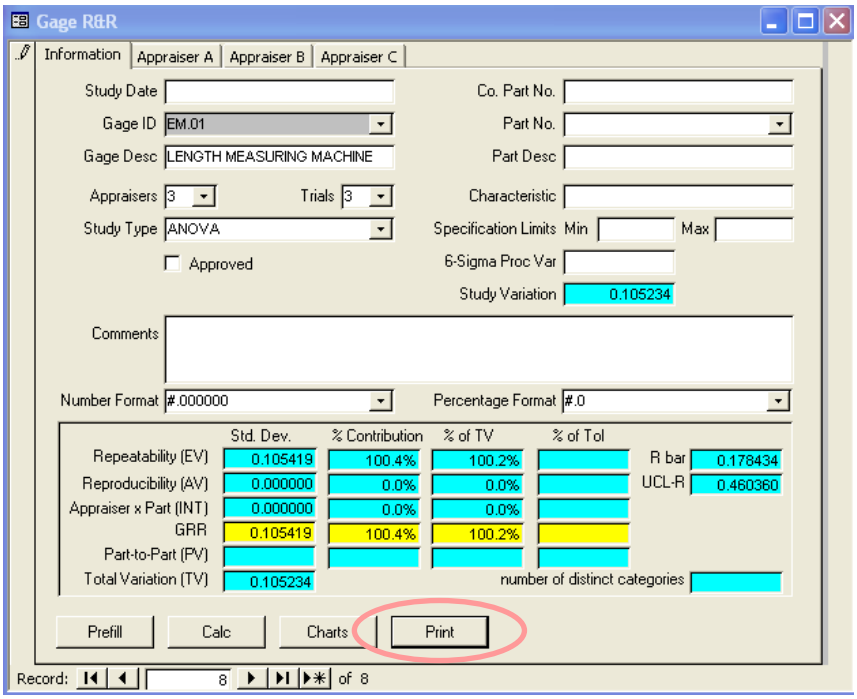
Βήμα 8

Το λογισμικό αυτόματα αποθηκεύει τη μελέτη . Για τη διαγραφή της μελέτης , επιλέγουμε από το κεντρικό menu το κόκκινο εικονίδιο ενώ για να αναζητήσουμε παλαιότερες μελέτες επιλέγουμε τα βελάκια κάτω αριστερά .

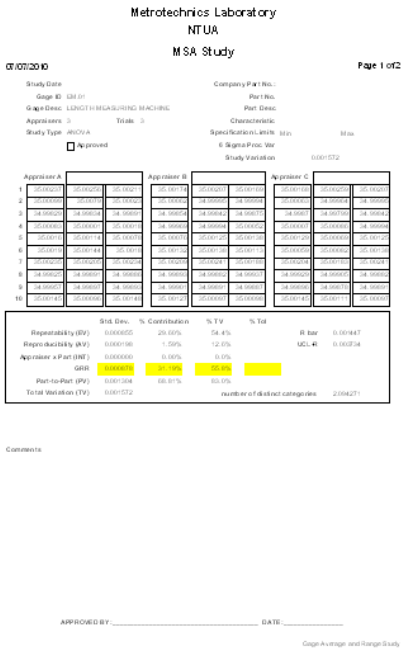


Βήμα 9

Για την εκτύπωση αναφοράς με τα αποτελέσματα της μελέτης , πατάμε το tab Print .

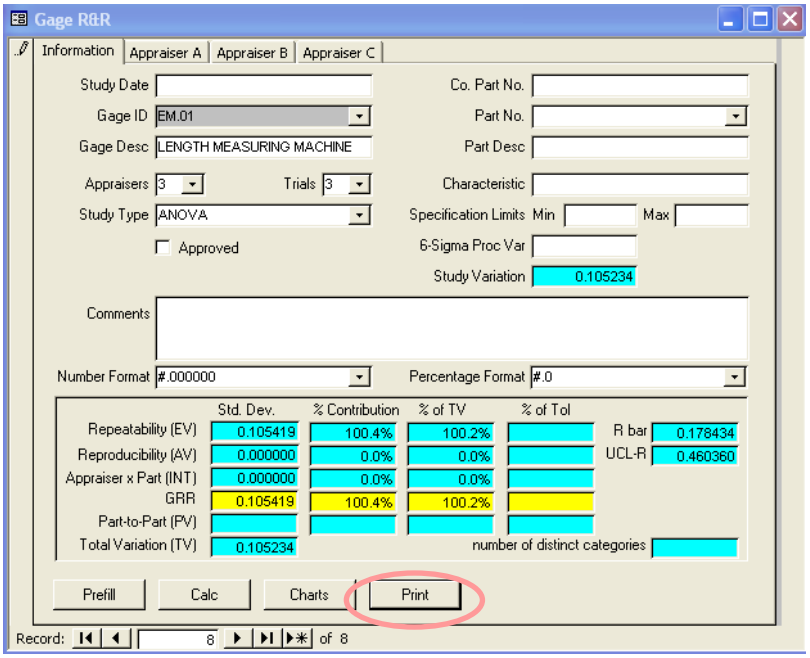


Στην αναφορά που παίρνουμε φαίνονται όλα τα αποτελέσματα της μελέτης αναλυτικά .



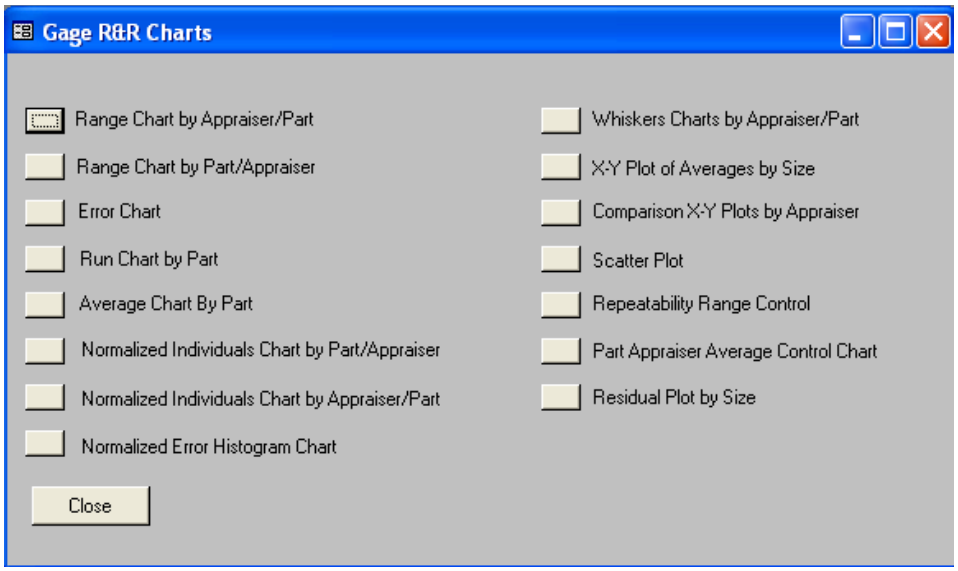
Βήμα 10

Για την εμφάνιση των διαγραμμάτων από την καρτέλα Information επιλέγουμε Charts .



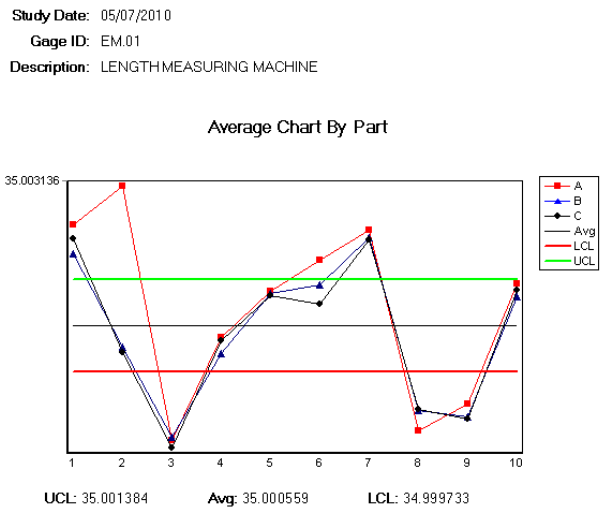
Βήμα 11

Εμφανίζεται μία λίστα με όλα τα διαθέσιμα διαγράμματα από την οποία επιλέγουμε αυτό που μας ενδιαφέρει .



Βήμα 12

Για την εκτύπωση του διαγράμματος πατάμε Print . Το διάγραμμα τυπώνεται με τη μορφή αναφοράς , όπως παρακάτω :



7.3 ΟΔΗΓΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ (AV)

7.3.1 Σκοπός

Η οδηγία αυτή περιγράφει τον τρόπο υπολογισμού της αναπαραγωγιμότητας . Η αναπαραγωγιμότητα (reproducibility – AV) είναι βασικός συντελεστής της συνολικής μεταβλητότητας TV και είναι η συνιστώσα της που οφείλεται στον παρατηρητή .

Η επαναληψιμότητα και η αναπαραγωγιμότητα υπολογίζονται ταυτόχρονα .

7.3.2 Εμπλεκόμενα πρόσωπα

Τα εμπλεκόμενα πρόσωπα είναι το προσωπικό του εργαστηρίου που είναι εξουσιοδοτημένο για τη μέτρηση αυτή και γνωρίζει τις οδηγίες του κατασκευαστή της μετρητικής μηχανής .

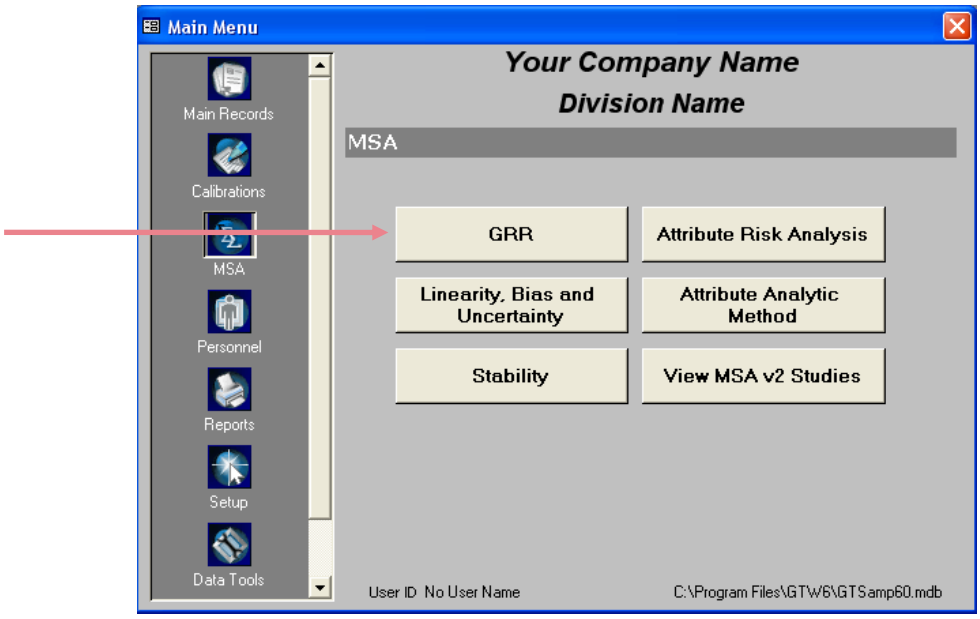
7.3.3 Περιγραφή

<u>Βήμα 1</u>

Από το κεντρικό menu επιλέγουμε το εικονίδιο MSA .

Βήμα 2

Στη συνέχεια επιλέγουμε GRR .

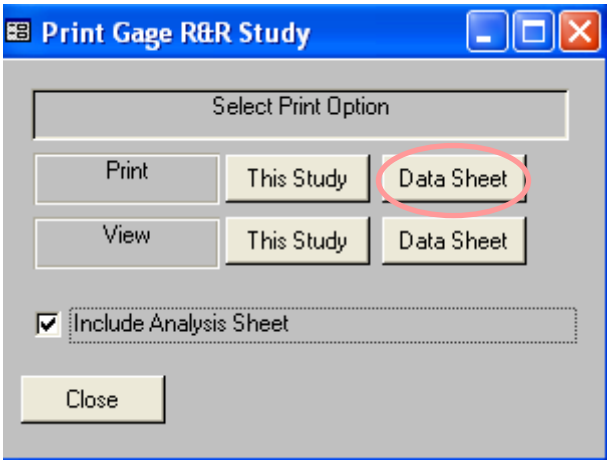


Βήμα 3

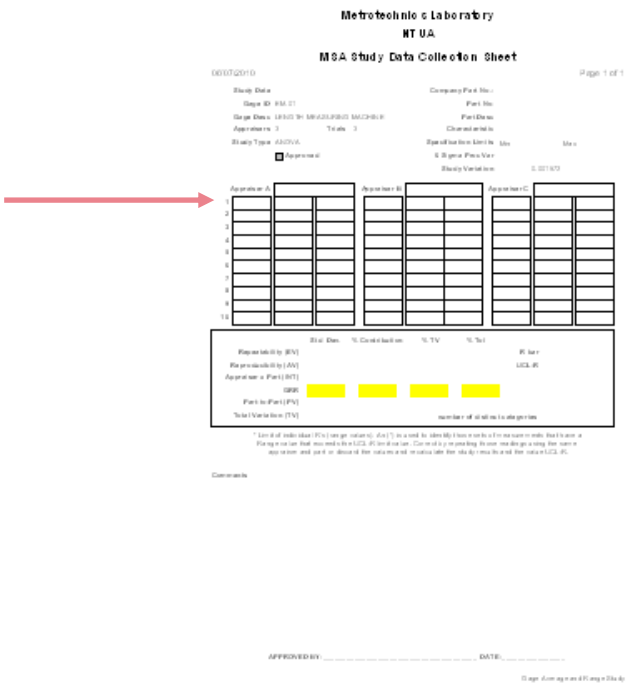
Ανοίγει η καρτέλα Information . Το λογισμικό εμφανίζει την ημερομηνία στο πεδίο Study Date , η οποία δεν αλλάζει από το χρήστη . Από τη λίστα που εμφανίζεται στο πεδίο Gage ID επιλέγουμε μετρητική συσκευή και από το πεδίο Study Type επιλέγουμε τη μέθοδο που θα χρησιμοποιήσουμε για τη διεξαγωγή της μελέτης .

Βήμα 4

Πατώντας το tab Print ανοίγει το παρακάτω παράθυρο επιλογών από το οποίο επιλέγουμε Print Data Sheet .



Τυπώνουμε δηλαδή ένα κενό Data Sheet με δομή όμοια με τη δομή της καρτέλας του προγράμματος όπου θα καταχωρήσουμε αργότερα τις μετρήσεις για τη διευκόλυνσή μας .

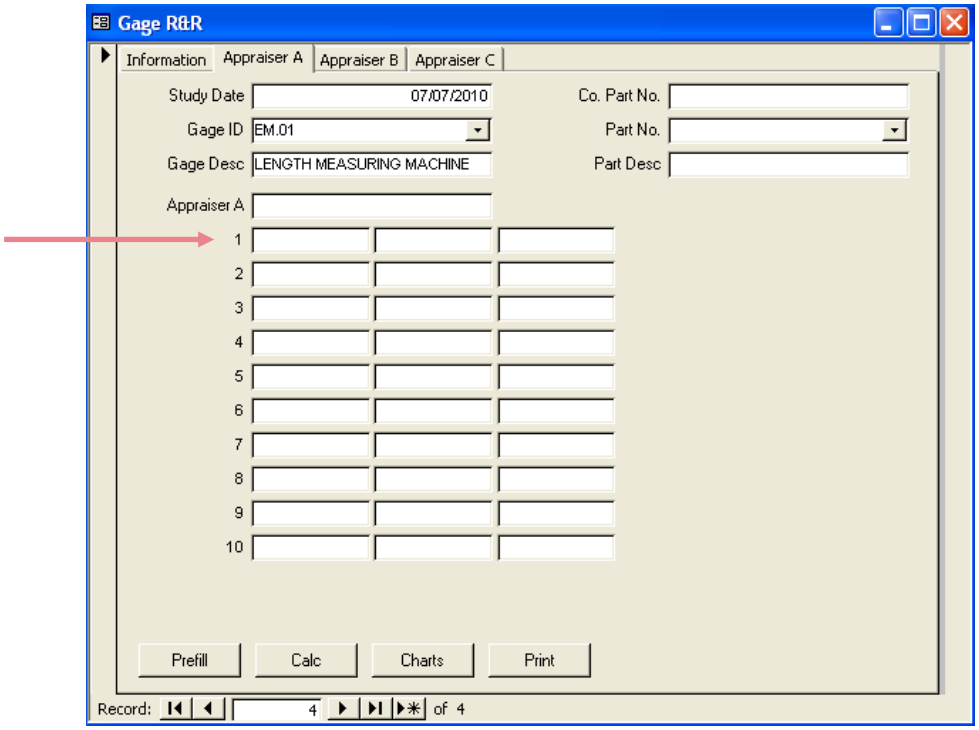


Βήμα 5

Εκτελούμε τις μετρήσεις . Το Gagetrak απαιτεί κατ'ελάχιστο 2 trials , 2 παρατηρητές και 2 μετρούμενα τεμάχια (parts) . Ωστόσο τα αποτελέσματα με τόσο μικρό πλήθος μετρήσεων δεν είναι ακριβή και επιπλέον το πρόγραμμα δε μας δίνει Διαγράμματα . Για μεγαλύτερη ακρίβεια και διαγράμματα απαιτούνται τουλάχιστον 2 trials , 2 παρατηρητές και 5 μετρούμενα τεμάχια ενώ η καλύτερη πρακτική είναι η μέτρηση 10 τεμαχίων από 3 παρατηρητές , 3 φορές από κάθε παρατηρητή (trials) . Σημειώνουμε τα αποτελέσματα στο Data Sheet που τυπώσαμε προηγουμένως .

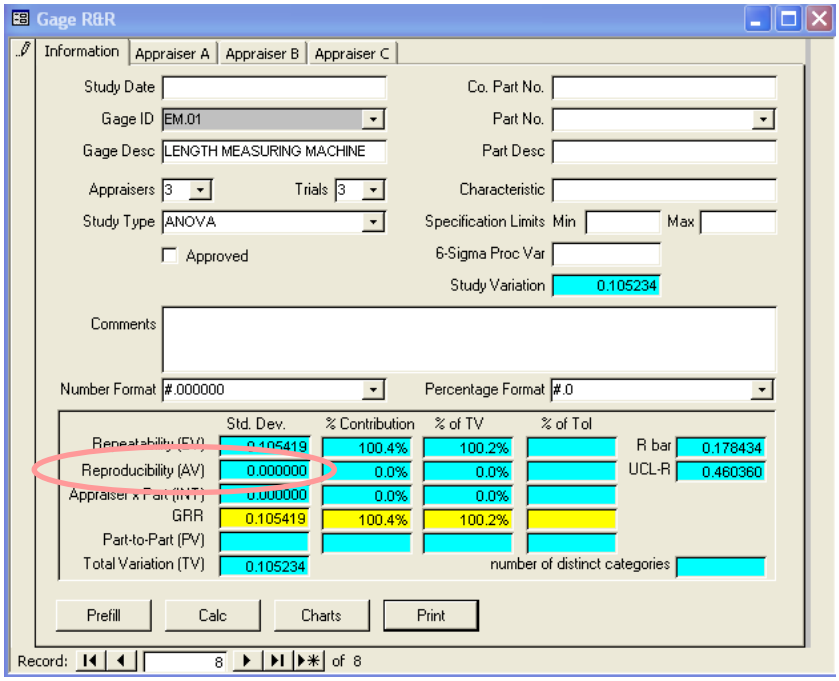
Βήμα 6

Καταχωρούμε τις μετρήσεις στο πρόγραμμα . Η καταχώρηση των μετρήσεων κάθε παρατηρητή γίνεται στην αντίστοιχη καρτέλα Appraiser A , Appraiser B και Appraiser C .



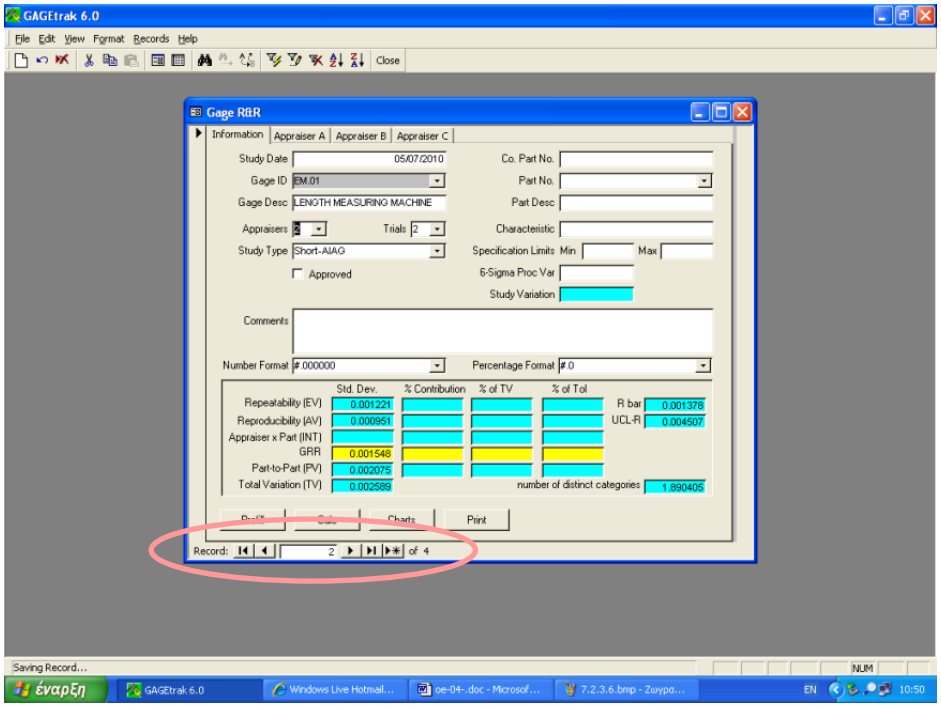
Βήμα 7

Μετά την καταχώρηση όλων των διαθέσιμων μετρήσεων , επιστρέφουμε στην καρτέλα Information και πατάμε Calc . Το πρόγραμμα υπολογίζει την παράμετρο AV ως αριθμό , ως ποσοστό της TV και το ποσοστό συνεισφοράς της στην GRR . Επίσης , υπολογίζει την EV , την GRR , την PV , την TV , το R (μέσο εύρος) και το UCL-R (άνω όριο ελέγχου του εύρους) .



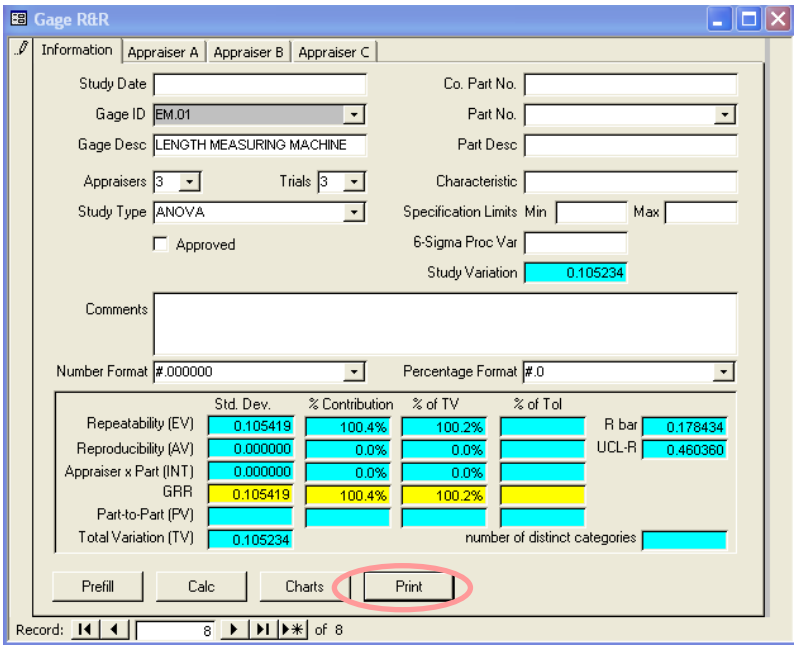
Βήμα 8

Το λογισμικό αυτόματα αποθηκεύει τη μελέτη . Για τη διαγραφή της μελέτης , επιλέγουμε από το κεντρικό menu το κόκκινο εικονίδιο ενώ για να αναζητήσουμε παλαιότερες μελέτες επιλέγουμε τα βελάκια κάτω αριστερά .

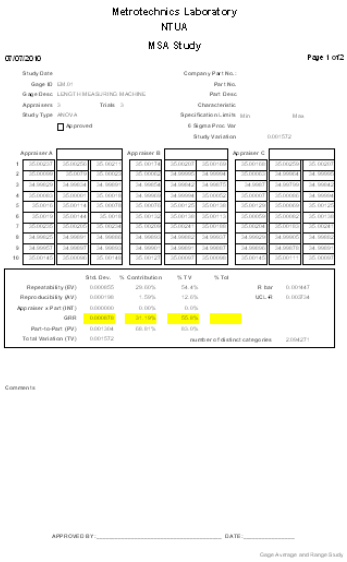


Βήμα 9

Για την εκτύπωση αναφοράς με τα αποτελέσματα της μελέτης , πατάμε το tab Print .

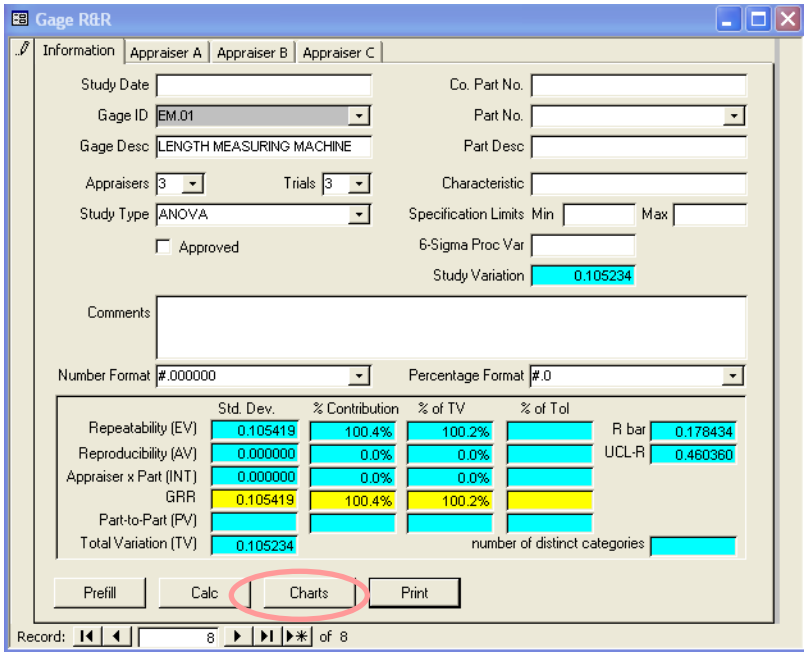


Στην αναφορά που παίρνουμε φαίνονται όλα τα αποτελέσματα της μελέτης αναλυτικά .



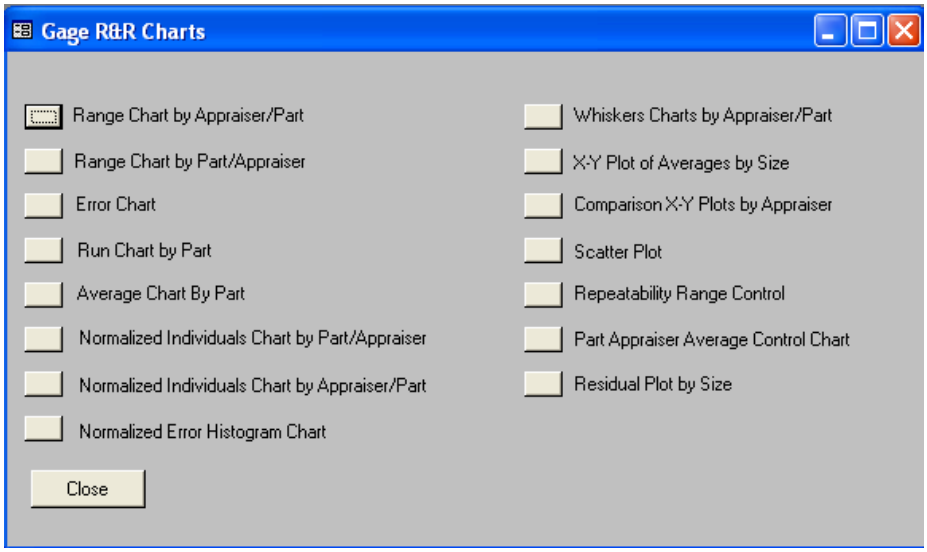
Βήμα 10

Για την εμφάνιση των διαγραμμάτων από την καρτέλα Information επιλέγουμε Charts .



Βήμα 11

Εμφανίζεται μία λίστα με όλα τα διαθέσιμα διαγράμματα από την οποία επιλέγουμε αυτό που μας ενδιαφέρει .

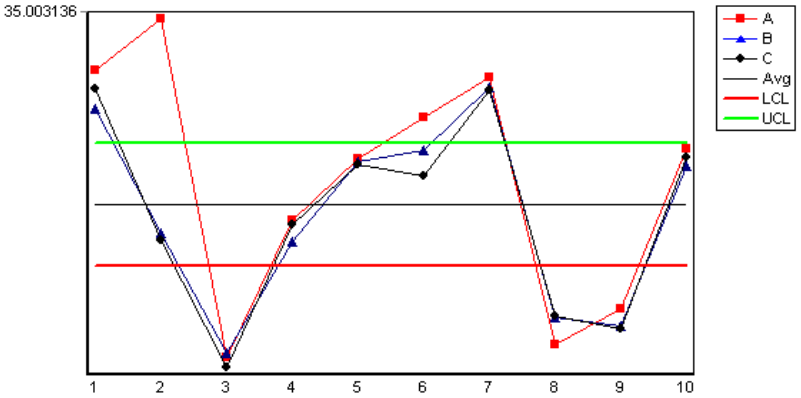


Βήμα 12

Για την εκτύπωση του διαγράμματος πατάμε Print . Το διάγραμμα τυπώνεται με τη μορφή αναφοράς , όπως παρακάτω :

Study Date: 05/07/2010
Gage ID: EM.01
Description: LENGTH MEASURING MACHINE

Average Chart By Part



UCL: 35.001384 **Avg:** 35.000559 **LCL:** 34.999733

7.4 ΟΔΗΓΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΟΥ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ (Bias)

7.4.1 Σκοπός

Η οδηγία περιγράφει τα βήματα που ακολουθούμε για τον υπολογισμό του συστηματικού σφάλματος για τον έλεγχο της μετρητικής συσκευής .

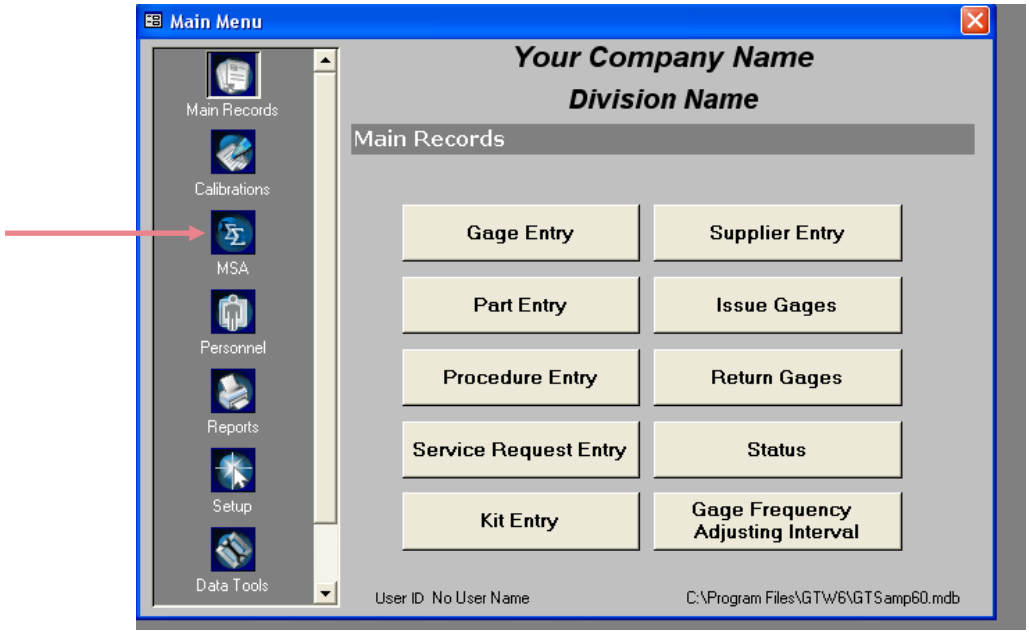
7.4.2 Εμπλεκόμενα πρόσωπα

Τα εμπλεκόμενα πρόσωπα είναι το προσωπικό του εργαστηρίου που είναι εξουσιοδοτημένο για τη μέτρηση αυτή και γνωρίζει τις οδηγίες του κατασκευαστή της μετρητικής μηχανής .

7.4.3 Περιγραφή

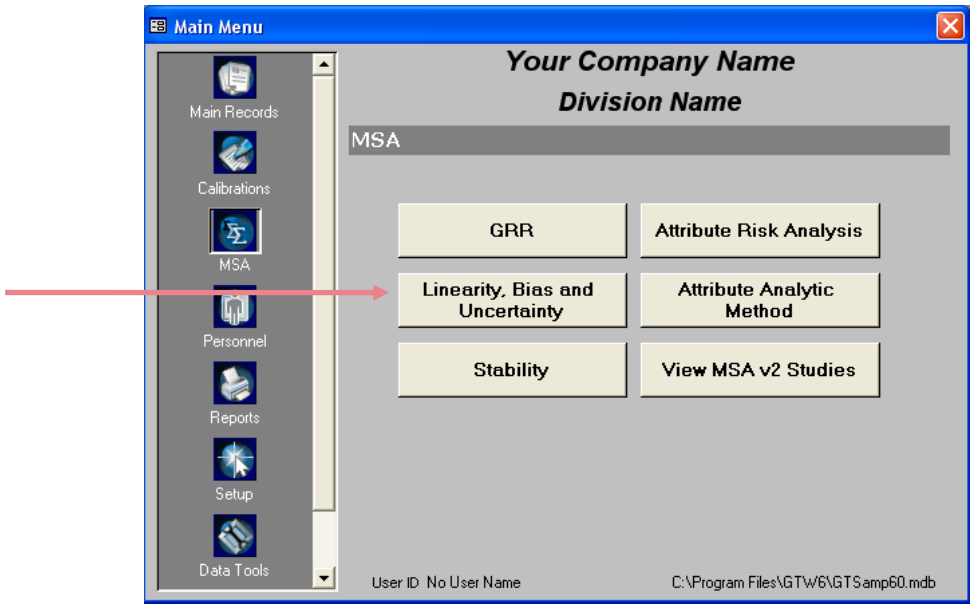
Βήμα 1

Από το κεντρικό menu επιλέγουμε το εικονίδιο MSA .



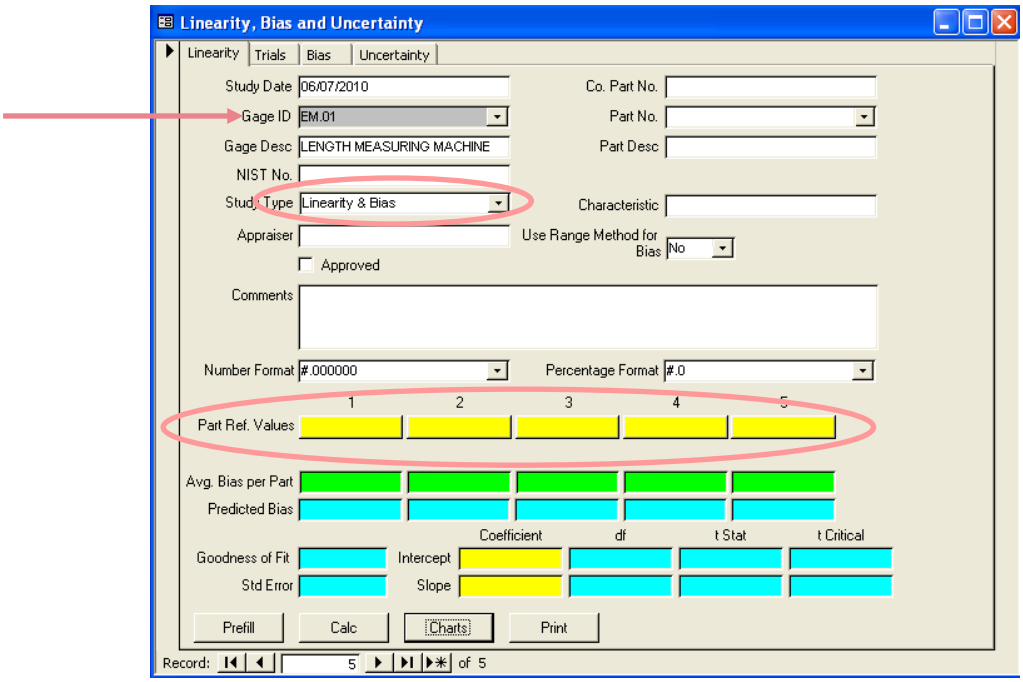
Βήμα 2

Στη συνέχεια επιλέγουμε Linearity , Bias and Uncertainty .



Βήμα 3

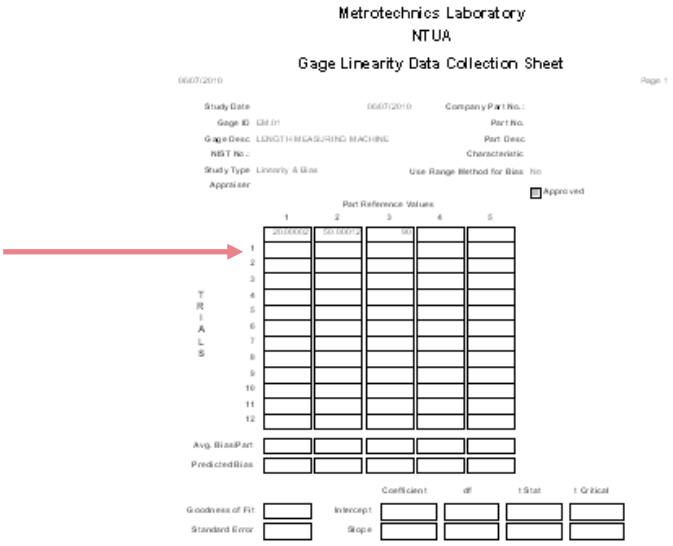
Ανοίγει η καρτέλα Information . Το λογισμικό εμφανίζει την ημερομηνία στο πεδίο Study Date , η οποία δεν αλλάζει από το χρήστη . Από τη λίστα που εμφανίζεται στο πεδίο Gage ID επιλέγουμε μετρητική συσκευή και καταχωρούμε τις Τιμές Αναφοράς (διακρίβωσης) των τεμαχίων που θα μετρήσουμε στα πεδία Part Reference Values με αύξουσα σειρά . Τέλος , από το πεδίο Study Type επιλέγουμε Bias Only .



Βήμα 4

Πατώντας το tab Print ανοίγει το παρακάτω παράθυρο επιλογών από το οποίο επιλέγουμε Print Data Sheet .

Τυπώνουμε δηλαδή ένα κενό Data Sheet με δομή όμοια με τη δομή της καρτέλας του προγράμματος όπου θα καταχωρήσουμε αργότερα τις μετρήσεις για τη διευκόλυνσή μας .

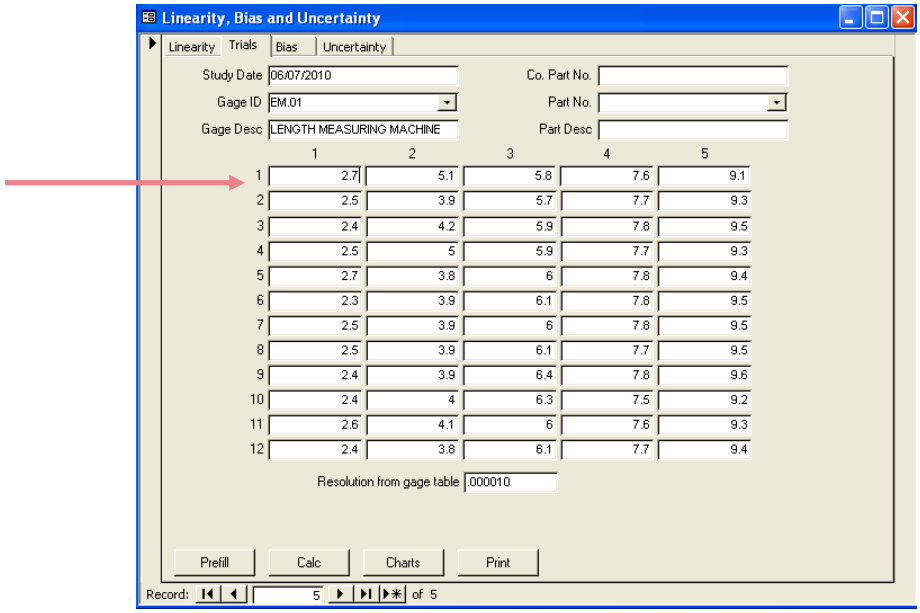


Βήμα 5

Εκτελούμε τις μετρήσεις κατά αύξουσα σειρά Τιμών Αναφοράς . Οι τιμές αναφοράς πρέπει να απέχουν ίσα διαστήματα . Το Gagetrak απαιτεί κατ'ελάχιστο 5 trials και 3 μετρούμενα τεμάχια (parts) . Ωστόσο τα αποτελέσματα με τόσο μικρό πλήθος μετρήσεων δεν είναι ακριβή και επιπλέον το πρόγραμμα δε μας δίνει Διαγράμματα . Για μεγαλύτερη ακρίβεια και διαγράμματα απαιτούνται 12 trials και 5 μετρούμενα τεμάχια . Σημειώνουμε τα αποτελέσματα στο Data Sheet που τυπώσαμε προηγουμένως .

Βήμα 6

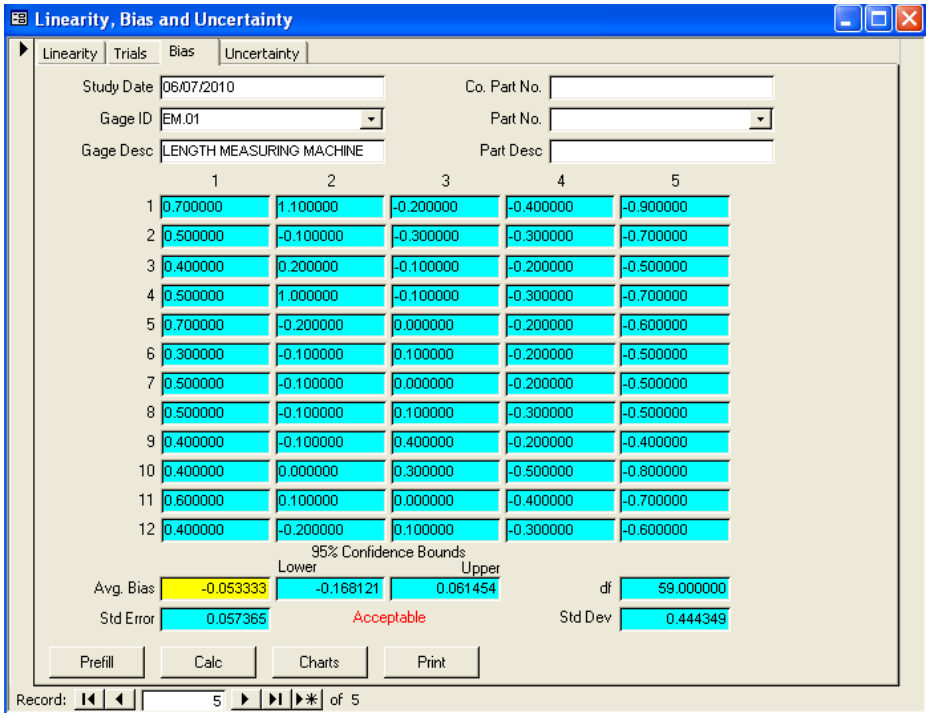
Καταχωρούμε τις μετρήσεις στο πρόγραμμα . Η καταχώρηση των μετρήσεων του παρατηρητή γίνεται στην καρτέλα trials .



	1	2	3	4	5
1	2.7	5.1	5.8	7.6	9.1
2	2.5	3.9	5.7	7.7	9.3
3	2.4	4.2	5.9	7.8	9.5
4	2.5	5	5.9	7.7	9.3
5	2.7	3.8	6	7.8	9.4
6	2.3	3.9	6.1	7.8	9.5
7	2.5	3.9	6	7.8	9.5
8	2.5	3.9	6.1	7.7	9.5
9	2.4	3.9	6.4	7.8	9.6
10	2.4	4	6.3	7.5	9.2
11	2.6	4.1	6	7.6	9.3
12	2.4	3.8	6.1	7.7	9.4

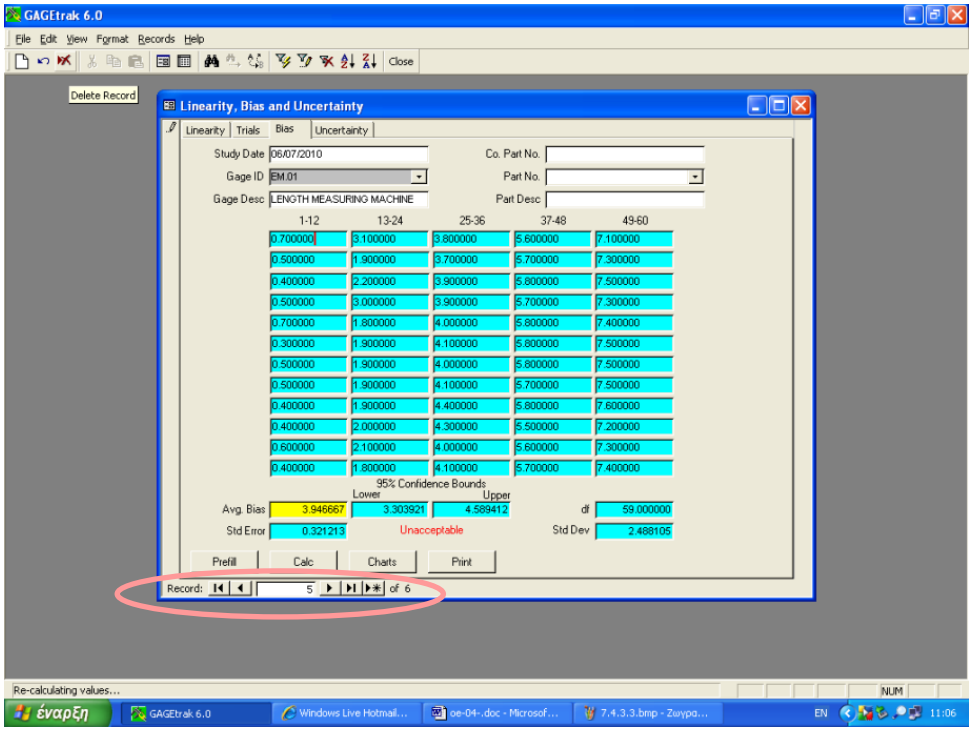
Βήμα 7

Μετά την καταχώρηση όλων των διαθέσιμων μετρήσεων , επιστρέφουμε στην καρτέλα Bias και πατάμε Calc . Το πρόγραμμα υπολογίζει το σφάλμα ανά μέτρηση (διαφορά μετρούμενης τιμής από την τιμή αναφοράς) , το μέσο σφάλμα ανά τεμάχιο . Επίσης , εμφανίζει το Standard Error και τη Standard Deviation . Για να είναι αποδεκτό θα πρέπει , το κατώτερο όριο εμπιστοσύνης να είναι μικρότερο του μηδενός και το ανώτερο μεγαλύτερο του μηδενός .



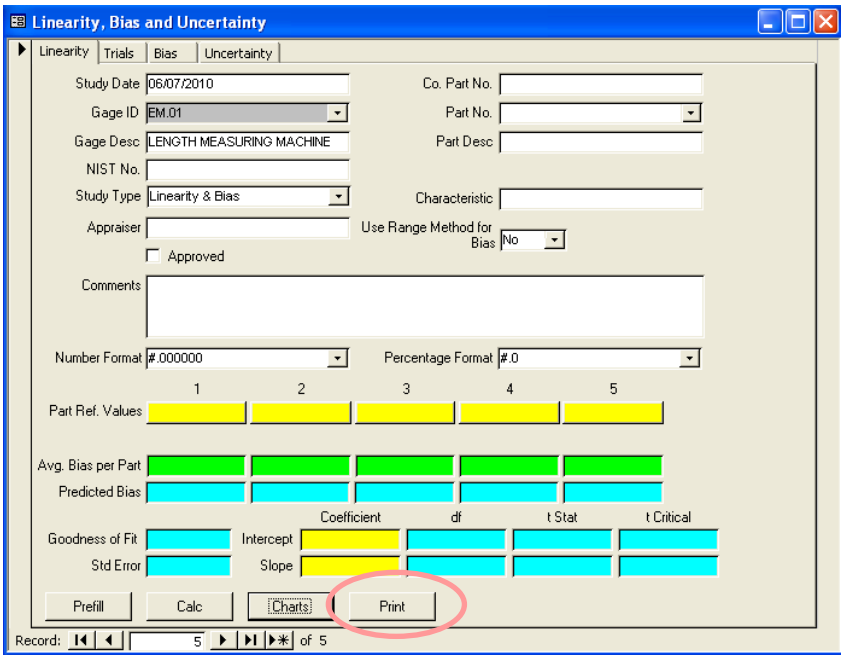
Βήμα 8

Το λογισμικό αυτόματα αποθηκεύει τη μελέτη . Για τη διαγραφή της μελέτης , επιλέγουμε από το κεντρικό menu το κόκκινο εικονίδιο ενώ για να αναζητήσουμε παλαιότερες μελέτες επιλέγουμε τα βελάκια κάτω αριστερά .

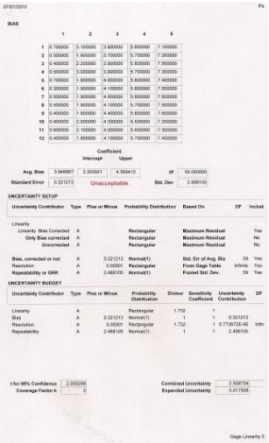


Βήμα 9

Για την εκτύπωση αναφοράς με τα αποτελέσματα της μελέτης , πατάμε το tab Print .

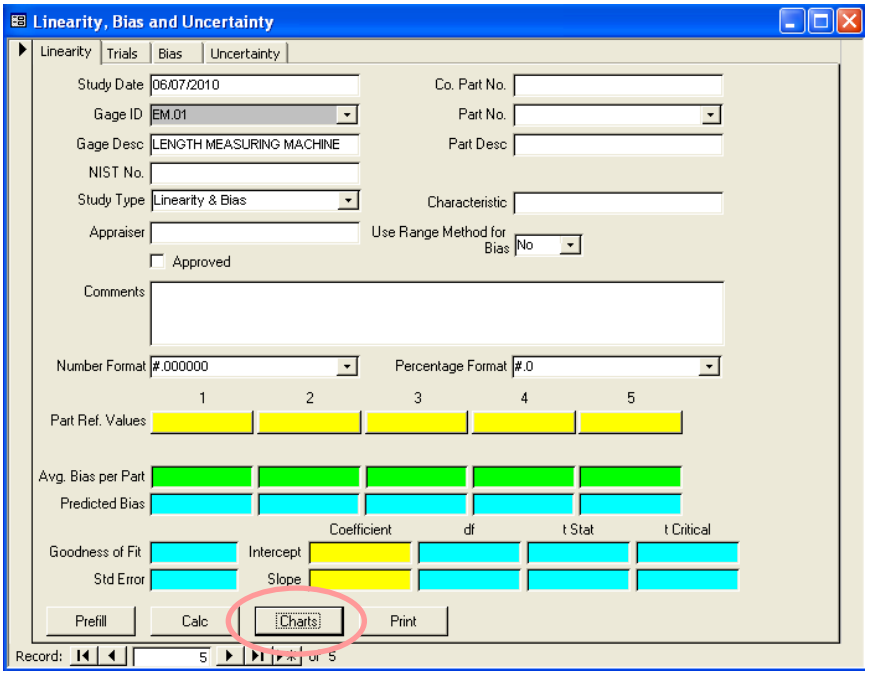


Στην αναφορά που παίρνουμε φαίνονται όλα τα αποτελέσματα της μελέτης αναλυτικά .



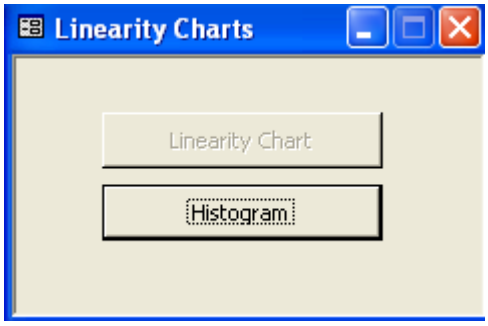
Βήμα 10

Για την εμφάνιση των διαγραμμάτων από την καρτέλα Bias επιλέγουμε το tab Charts .



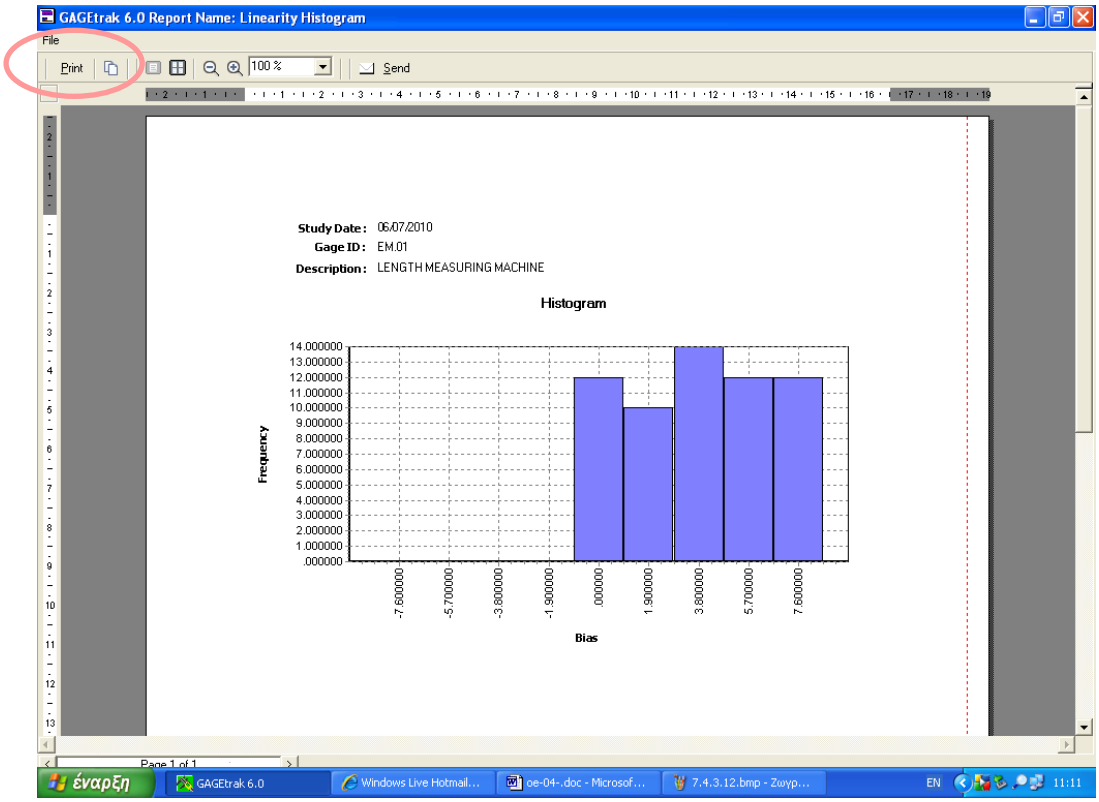
Βήμα 11

Εμφανίζεται ένα παράθυρο με το ιστόγραμμα που είναι διαθέσιμο . Το επιλέγουμε .

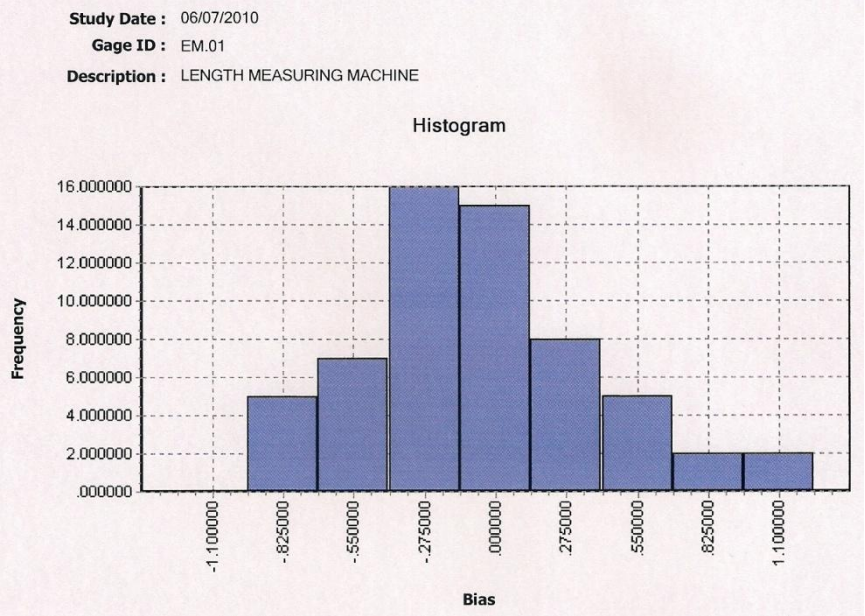


Βήμα 12

Για την εκτύπωση του διαγράμματος πατάμε Print .



Το διάγραμμα που τυπώνεται έχει τη μορφή αναφοράς , όπως παρακάτω :


Study Date : 06/07/2010
Gage ID : EM.01
Description : LENGTH MEASURING MACHINE
Histogram
Frequency
16.000000
14.000000
12.000000
10.000000
8.000000
6.000000
4.000000
2.000000
.000000
-1.100000
-.825000
-.550000
-.275000
.000000
.275000
.550000
.825000
1.100000
Bias

7.5 ΟΔΗΓΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΙΚΟΤΗΤΑΣ (Linearity)

7.5.1 Σκοπός

Η οδηγία εργασίας περιγράφει τη διαδικασία υπολογισμού της γραμμικότητας (linearity) με σκοπό τον έλεγχο του συστηματικού σφάλματος κατά το εύρος μέτρησης της μετρητικής συσκευής . Με τη διαδικασία αυτή υπολογίζεται ταυτόχρονα και το συστηματικό σφάλμα .

7.5.2 Εμπλεκόμενα πρόσωπα

Τα εμπλεκόμενα πρόσωπα είναι το προσωπικό του εργαστηρίου που είναι εξουσιοδοτημένο για τη μέτρηση αυτή και γνωρίζει τις οδηγίες του κατασκευαστή της μετρητικής μηχανής .

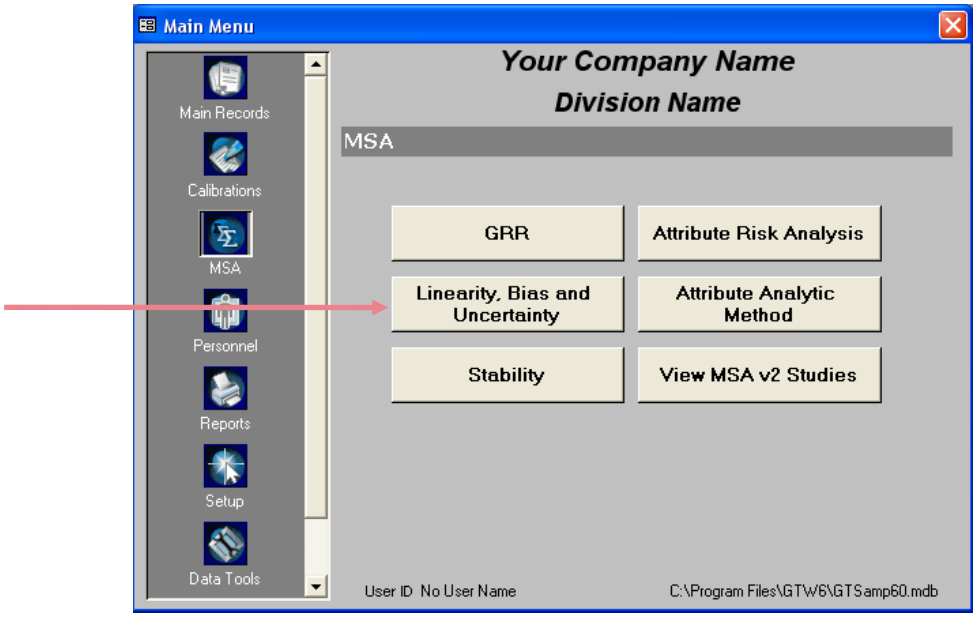
7.5.3 Περιγραφή

<u>Βήμα 1</u>

Από το κεντρικό menu επιλέγουμε το εικονίδιο MSA .

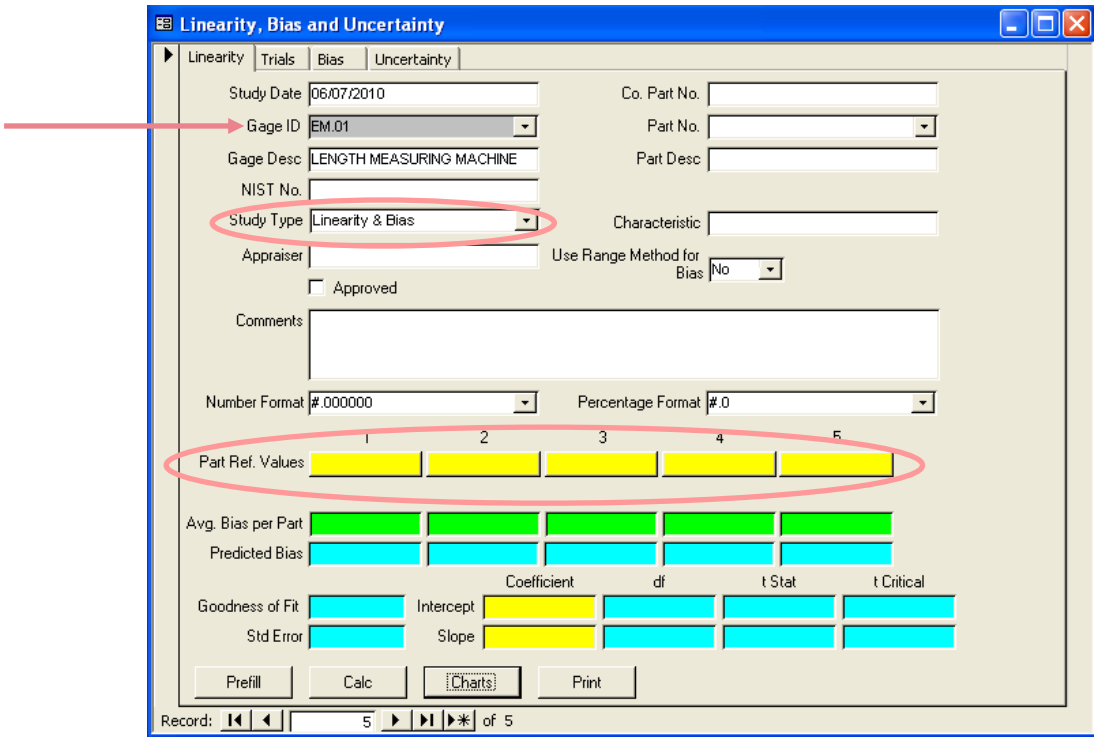
Βήμα 2

Στη συνέχεια επιλέγουμε Linearity , Bias and Uncertainty .



Βήμα 3

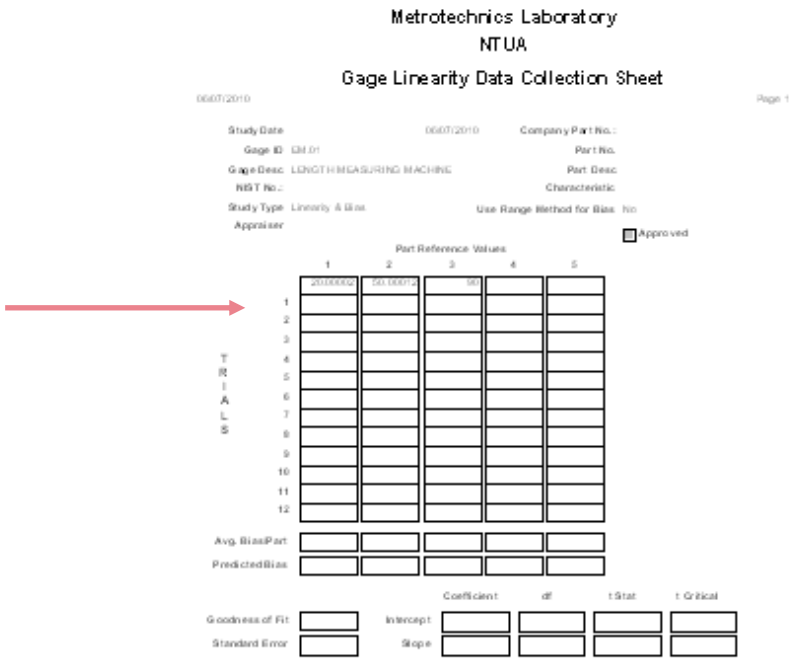
Ανοίγει η καρτέλα Linearity . Το λογισμικό εμφανίζει την ημερομηνία στο πεδίο Study Date , η οποία δεν αλλάζει από το χρήστη . Από τη λίστα που εμφανίζεται στο πεδίο Gage ID επιλέγουμε μετρητική συσκευή και καταχωρούμε τις Τιμές Αναφοράς (διακρίβωσης) των τεμαχίων που θα μετρήσουμε στα πεδία Part Reference Values με αύξουσα σειρά . Τέλος , από το πεδίο Study Type επιλέγουμε Linearity & Bias .



Βήμα 4

Πατώντας το tab Print ανοίγει το παρακάτω παράθυρο επιλογών από το οποίο επιλέγουμε Print Data Sheet .

Τυπώνουμε δηλαδή ένα κενό Data Sheet με δομή όμοια με τη δομή της καρτέλας του προγράμματος όπου θα καταχωρήσουμε αργότερα τις μετρήσεις για τη διευκόλυνσή μας .

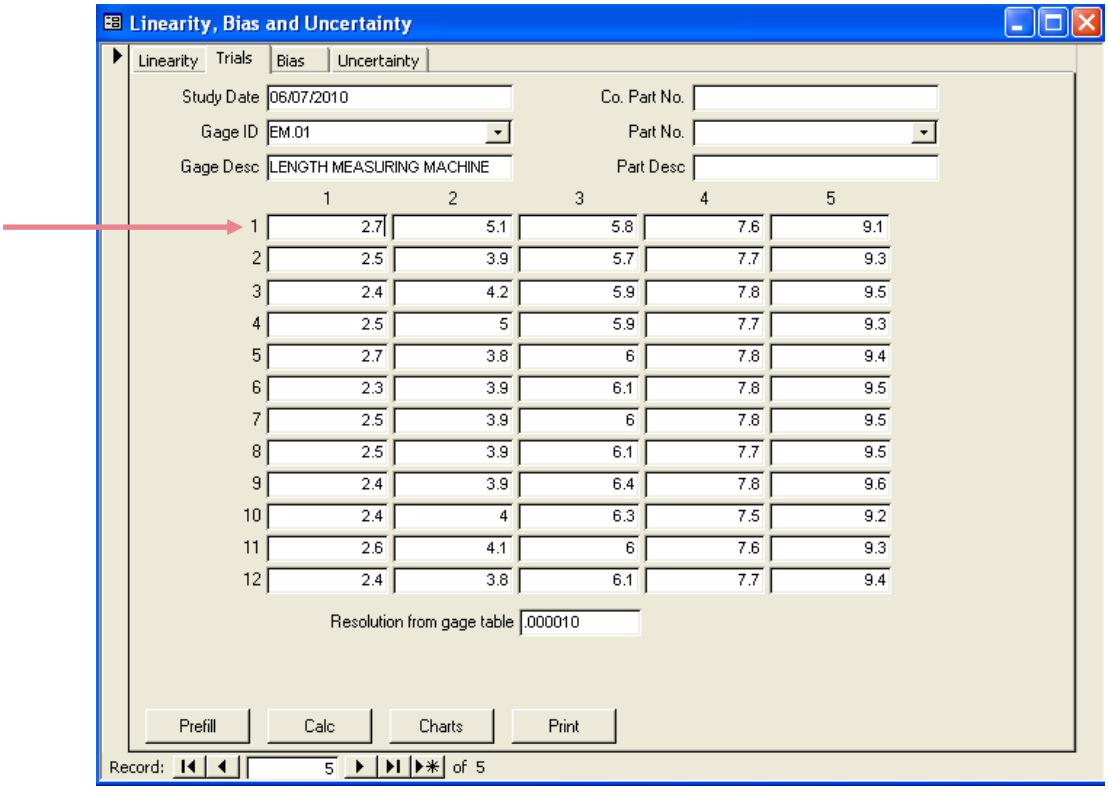


Βήμα 5

Εκτελούμε τις μετρήσεις κατά αύξουσα σειρά Τιμών Αναφοράς . Οι τιμές αναφοράς πρέπει να απέχουν ίσα διαστήματα . Το Gagetrak απαιτεί κατ'ελάχιστο 5 trials και 3 μετρούμενα τεμάχια (parts) . Ωστόσο τα αποτελέσματα με τόσο μικρό πλήθος μετρήσεων δεν είναι ακριβή και επιπλέον το πρόγραμμα δε μας δίνει Διαγράμματα . Για μεγαλύτερη ακρίβεια και διαγράμματα απαιτούνται τουλάχιστον 12 trials και 5 μετρούμενα τεμάχια . Σημειώνουμε τα αποτελέσματα στο Data Sheet που τυπώσαμε προηγουμένως .

Βήμα 6

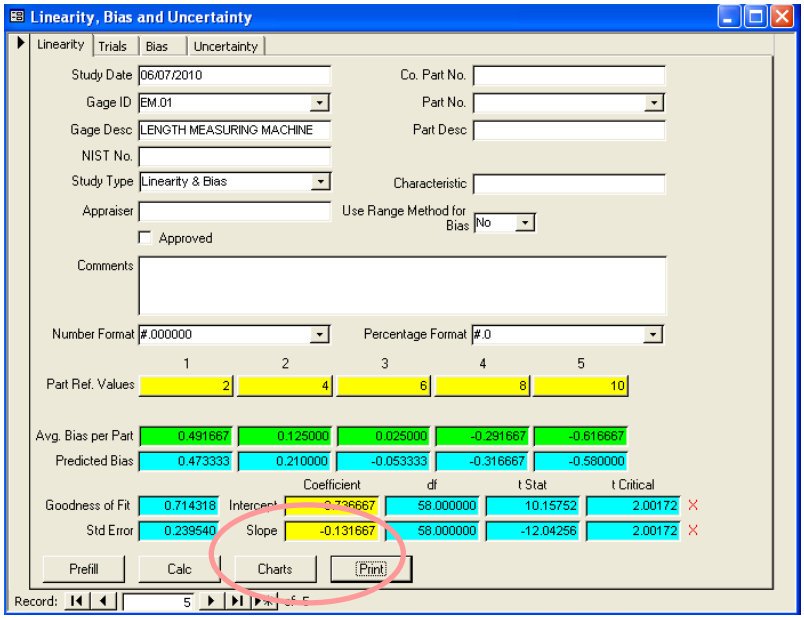
Καταχωρούμε τις μετρήσεις στο πρόγραμμα . Η καταχώρηση των μετρήσεων του παρατηρητή γίνεται στην καρτέλα trials .



	1	2	3	4	5
1	2.7	5.1	5.8	7.6	9.1
2	2.5	3.9	5.7	7.7	9.3
3	2.4	4.2	5.9	7.8	9.5
4	2.5	5	5.9	7.7	9.3
5	2.7	3.8	6	7.8	9.4
6	2.3	3.9	6.1	7.8	9.5
7	2.5	3.9	6	7.8	9.5
8	2.5	3.9	6.1	7.7	9.5
9	2.4	3.9	6.4	7.8	9.6
10	2.4	4	6.3	7.5	9.2
11	2.6	4.1	6	7.6	9.3
12	2.4	3.8	6.1	7.7	9.4

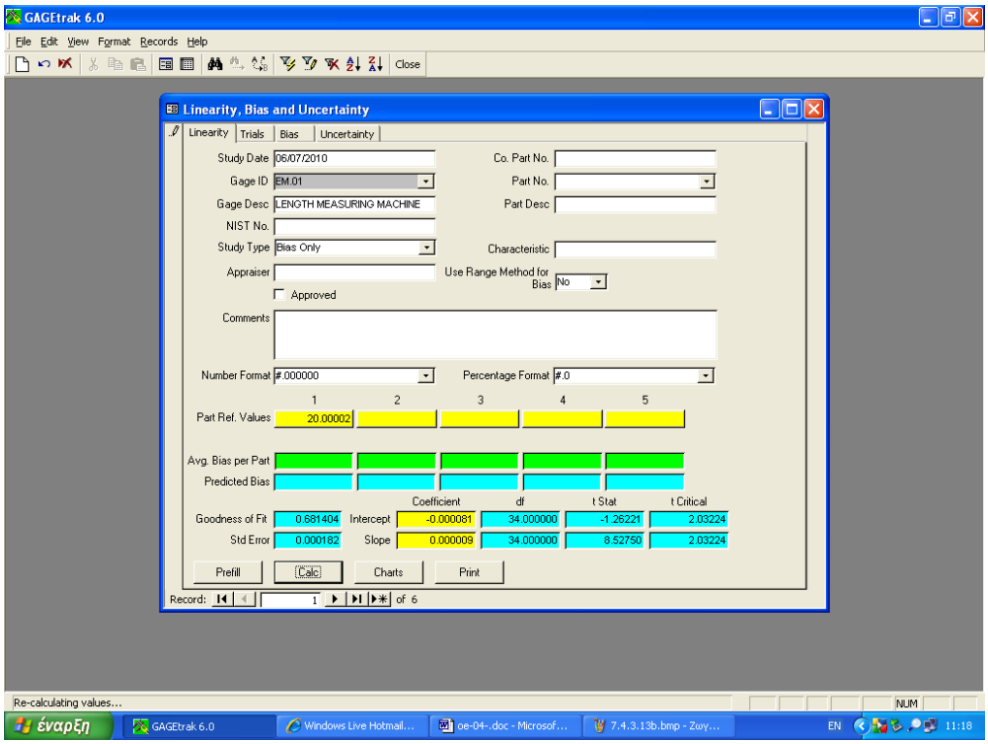
Βήμα 7

Μετά την καταχώρηση όλων των διαθέσιμων μετρήσεων , επιστρέφουμε στην καρτέλα Linearity και πατάμε Calc . Το πρόγραμμα υπολογίζει το μέσο σφάλμα ανά τεμάχιο , το προβλεπόμενο σφάλμα ανά τεμάχιο με βάση την ευθεία αναδρομής , το συντελεστή πολλαπλής αναδρομής καθώς και τους συντελεστές α_0 (Intercept) και α_1 (Slope) στην ευθεία αναδρομής $y = \alpha_0 + \alpha_1 x$. Επίσης , εμφανίζει το Standard Error .



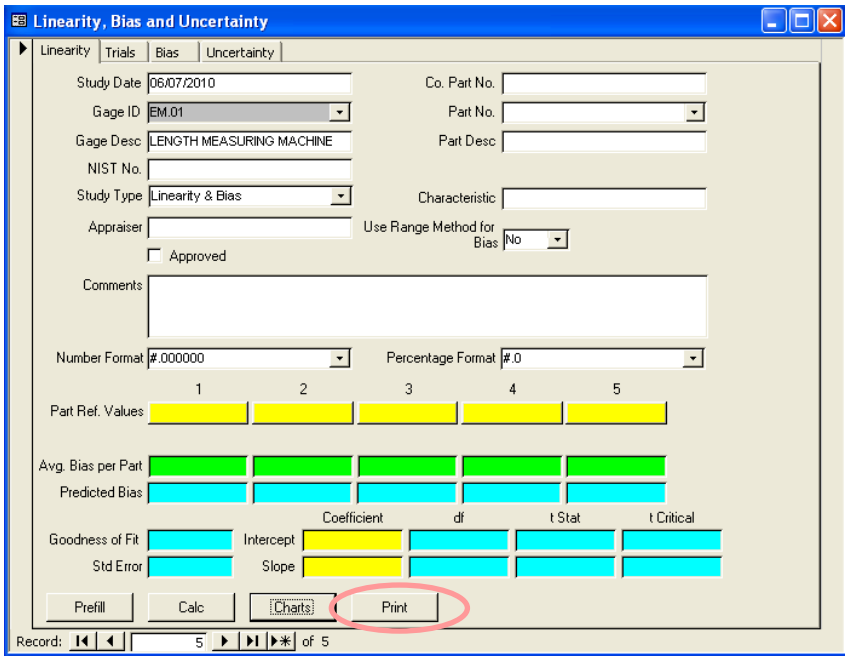
Βήμα 8

Το λογισμικό αυτόματα αποθηκεύει τη μελέτη . Για τη διαγραφή της μελέτης , επιλέγουμε από το κεντρικό menu το κόκκινο εικονίδιο ενώ για να αναζητήσουμε παλαιότερες μελέτες επιλέγουμε τα βελάκια κάτω αριστερά .

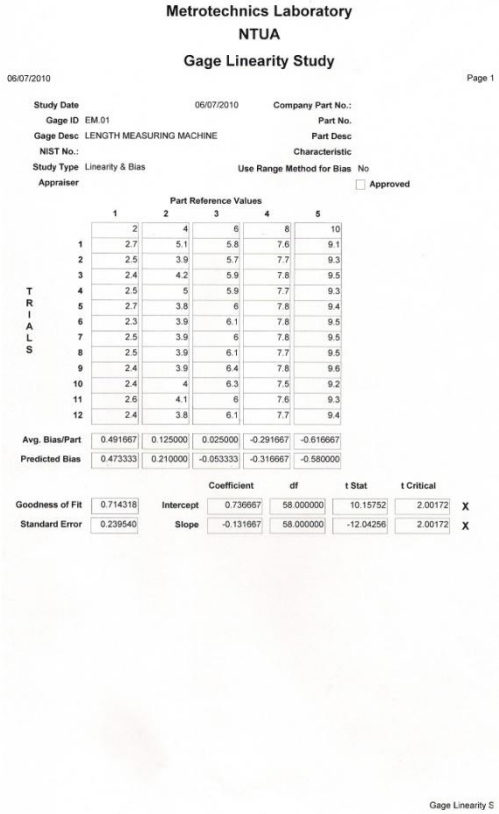


Βήμα 9

Για την εκτύπωση αναφοράς με τα αποτελέσματα της μελέτης , πατάμε το tab Print .



Στην αναφορά που παίρνουμε φαίνονται όλα τα αποτελέσματα της μελέτης αναλυτικά .



Metrotechnics Laboratory
NTUA
Gage Linearity Study

06/07/2010 Page 1

Study Date 06/07/2010 Company Part No.:
Gage ID EM.01 Part No.
Gage Desc LENGTH MEASURING MACHINE Part Desc
NIST No.: Characteristic
Study Type Linearity & Bias Use Range Method for Bias No
Appraiser ☐ Approved

Part Reference Values

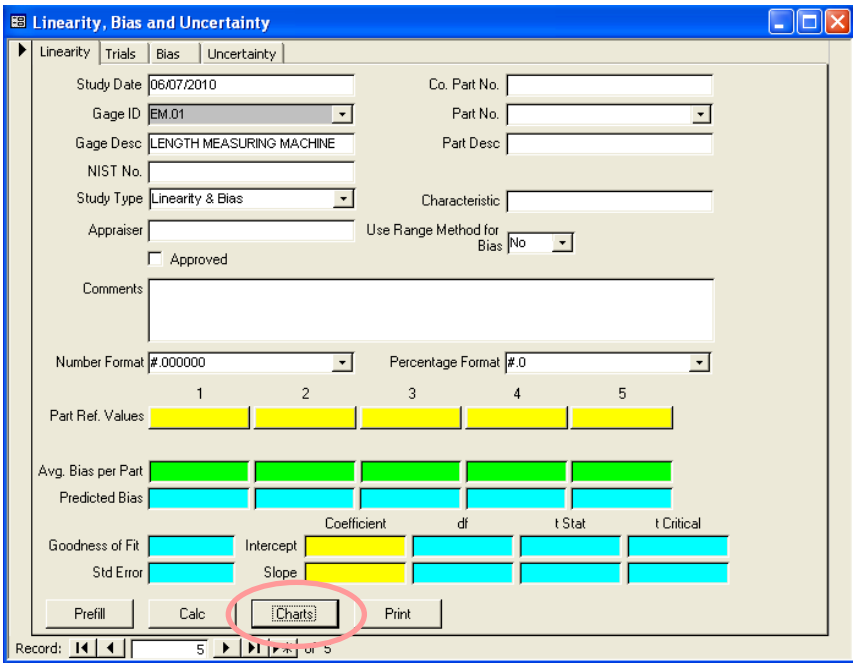
TRIALS	1	2	3	4	5
	2	4	6	8	10
1	2.7	5.1	5.8	7.6	9.1
2	2.5	3.9	5.7	7.7	9.3
3	2.4	4.2	5.9	7.8	9.5
4	2.5	5	5.9	7.7	9.3
5	2.7	3.8	6	7.8	9.4
6	2.3	3.9	6.1	7.8	9.5
7	2.5	3.9	6	7.8	9.5
8	2.5	3.9	6.1	7.7	9.5
9	2.4	3.9	6.4	7.8	9.6
10	2.4	4	6.3	7.5	9.2
11	2.6	4.1	6	7.6	9.3
12	2.4	3.8	6.1	7.7	9.4
Avg. Bias/Part	0.491667	0.125000	0.025000	-0.291667	-0.616667
Predicted Bias	0.473333	0.210000	-0.053333	-0.316667	-0.580000

			Coefficient	df	t Stat	t Critical	
Goodness of Fit	0.714318	Intercept	0.736667	58.000000	10.15752	2.00172	X
Standard Error	0.239540	Slope	-0.131667	58.000000	-12.04256	2.00172	X

Gage Linearity S

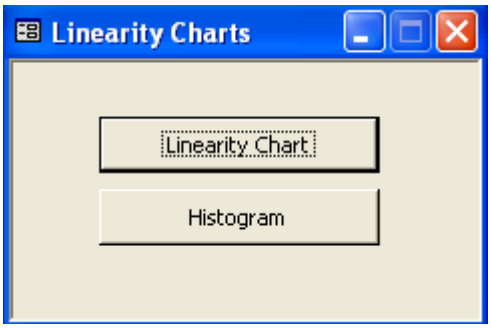
Βήμα 10

Για την εμφάνιση των διαγραμμάτων από την καρτέλα Linearity επιλέγουμε Charts .



Βήμα 11

Εμφανίζεται μία λίστα με όλα τα διαθέσιμα διαγράμματα από την οποία επιλέγουμε αυτό που μας ενδιαφέρει .



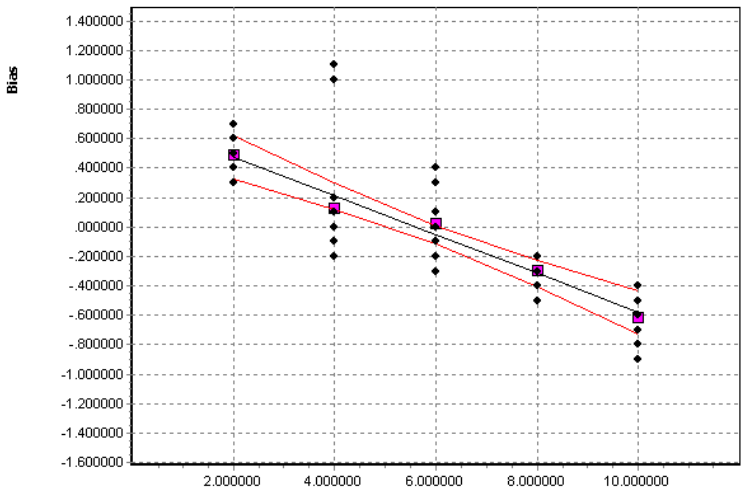
Βήμα 12

Για την εκτύπωση του διαγράμματος πατάμε Print .

Το διάγραμμα τυπώνεται με τη μορφή αναφοράς , όπως παρακάτω :

Study Date: 06/07/2010
Gage ID: EM.01
Description: LENGTH MEASURING MACHINE

Linearity



7.6 ΟΔΗΓΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑΣ (Stability)

7.6.1 Σκοπός

Η οδηγία περιγράφει τη διαδικασία ελέγχου της σταθερότητας του οργάνου με την πάροδο του χρόνου .

7.6.2 Εμπλεκόμενα πρόσωπα

Τα εμπλεκόμενα πρόσωπα είναι το προσωπικό του εργαστηρίου που είναι εξουσιοδοτημένο για τη μέτρηση αυτή και γνωρίζει τις οδηγίες του κατασκευαστή της μετρητικής μηχανής .

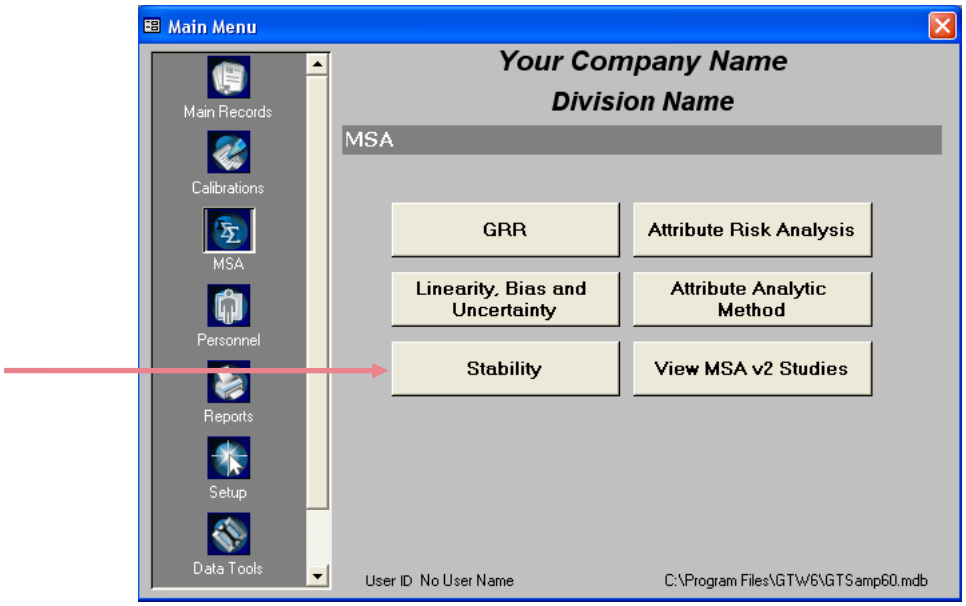
7.6.3 Περιγραφή

Βήμα 1

Από το κεντρικό menu επιλέγουμε το εικονίδιο MSA .

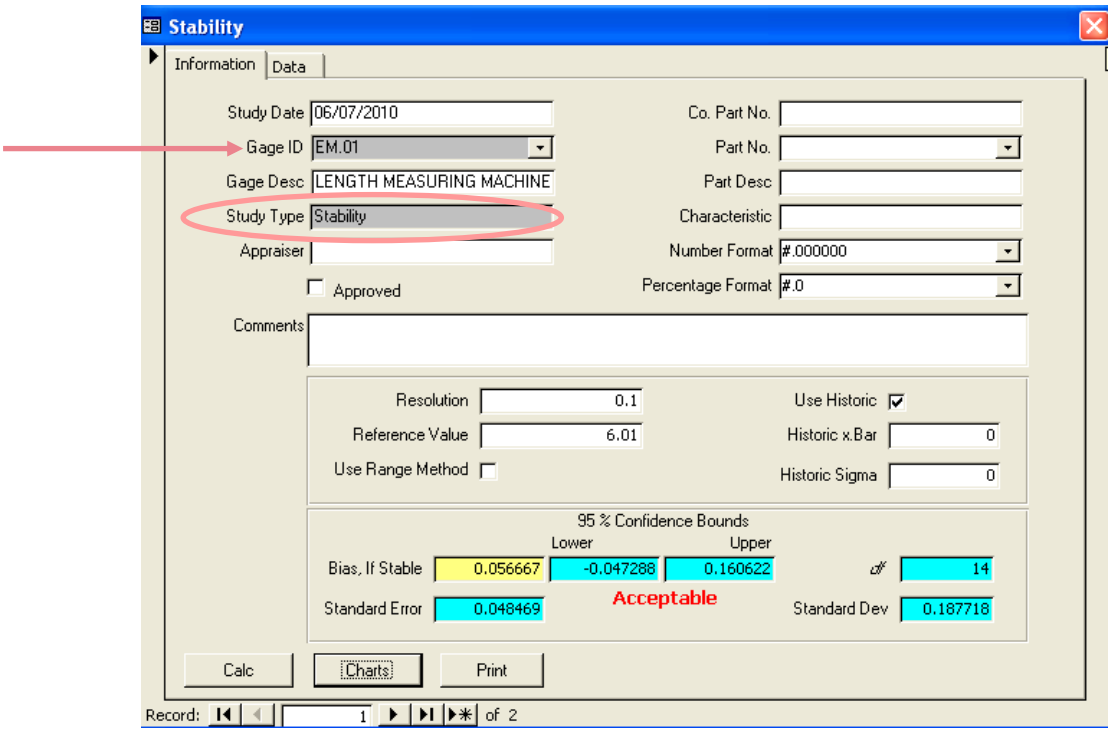
Βήμα 2

Στη συνέχεια επιλέγουμε Stability .



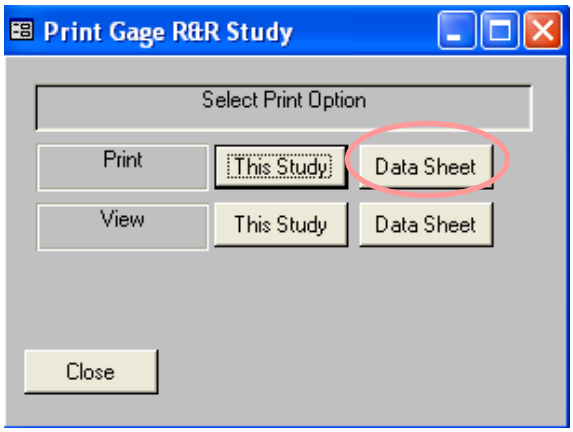
Βήμα 3

Ανοίγει η καρτέλα Information . Το λογισμικό εμφανίζει την ημερομηνία στο πεδίο Study Date , η οποία δεν αλλάζει από το χρήστη . Από τη λίστα που εμφανίζεται στο πεδίο Gage ID επιλέγουμε μετρητική μηχανή .

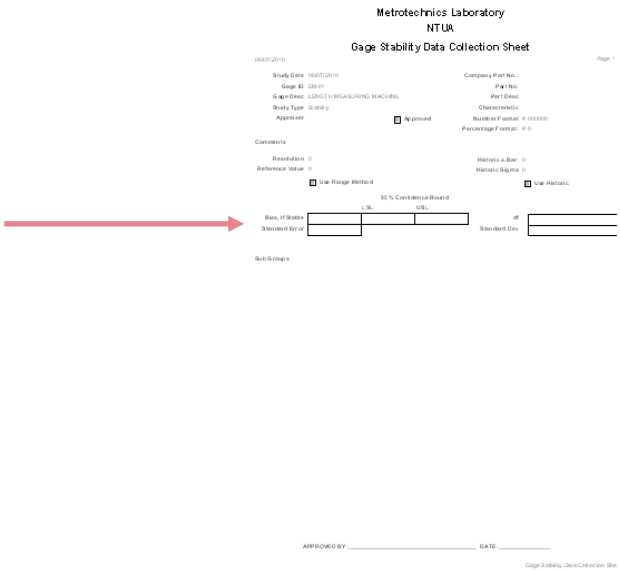


Βήμα 4

Πατώντας το tab Print ανοίγει το παρακάτω παράθυρο επιλογών από το οποίο επιλέγουμε Print Data Sheet .



Τυπώνουμε δηλαδή ένα κενό Data Sheet με δομή όμοια με τη δομή της καρτέλας του προγράμματος όπου θα καταχωρήσουμε αργότερα τις μετρήσεις για τη διευκόλυνσή μας .


Metrotechnics Laboratory
NTUA
Gage Stability Data Collection Sheet

06/07/2010 Page 1

Study Date 06/07/2010 Company Part No.:
Gage ID GM 01 Part No.
Gage Desc LENGTH MEASURING MACHINE Part Desc
Study Type Stability Characteristic
Appraiser Approved Number Format #.000000
Percentage Format #.0

Comments

Resolution 0 Historic x̄ Bar 0
Reference Value 0 Historic Sigma 0

Use Range Method Use Historic

95 % Confidence Bound
LSL USL

Bias, If Stable df
Standard Error Standard Dev

Sub Groups

APPROVED BY:..... DATE:.....

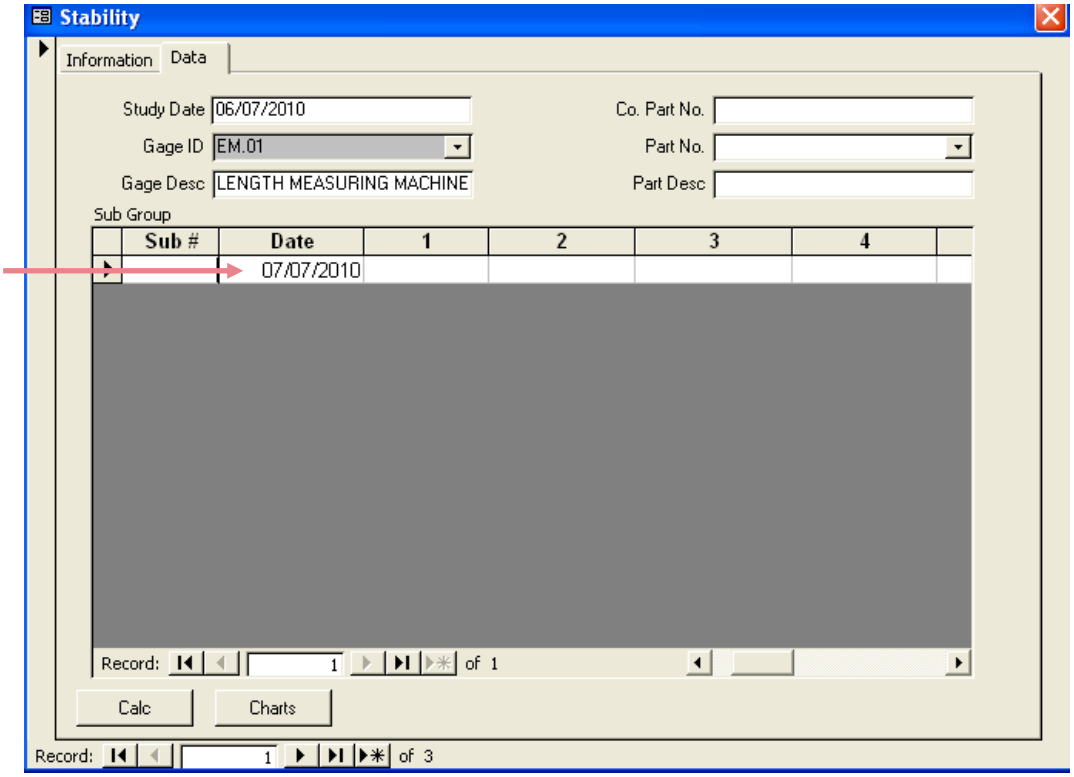
Gage Stability Data Collection Sheet

Βήμα 5

Εκτελούμε τις μετρήσεις . Το Gagetrak απαιτεί 3 έως 5 trials για κάθε ημερομηνία ελέγχου . Σημειώνουμε τις μετρήσεις στο Data Sheet που τυπώσαμε προηγουμένως .

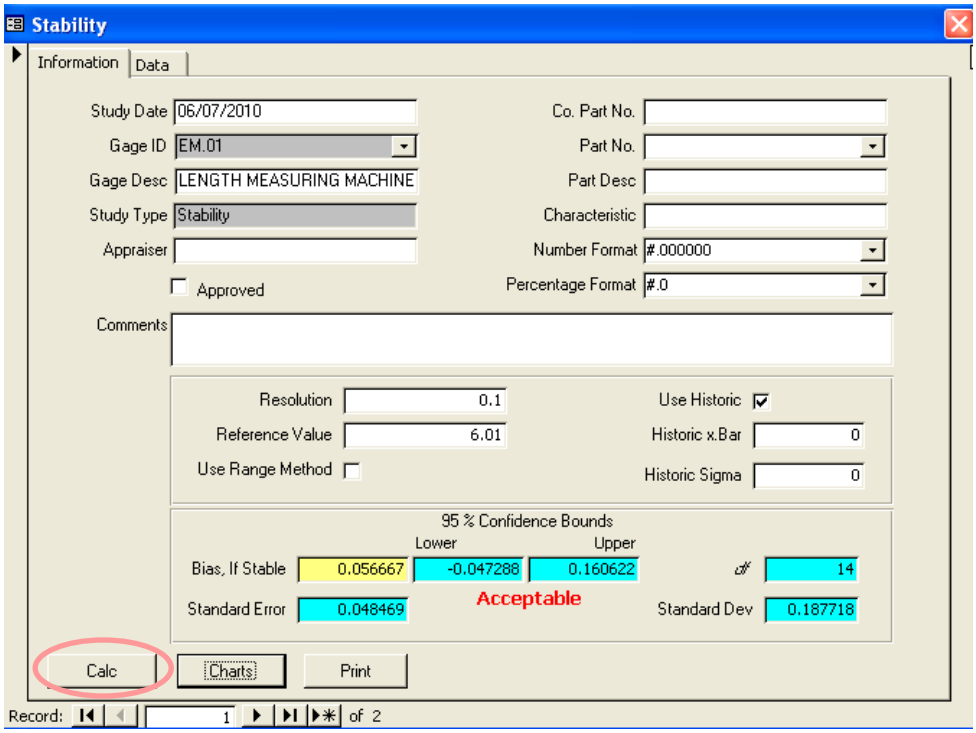
Βήμα 6

Καταχωρούμε τις μετρήσεις στο πρόγραμμα . Η καταχώρηση των μετρήσεων του παρατηρητή γίνεται στην καρτέλα Data . Το πεδίο της ημερομηνίας συμπληρώνεται αυτόματα από το λογισμικό και είναι η ημερομηνία που καταχωρούμε το σετ των μετρήσεων .



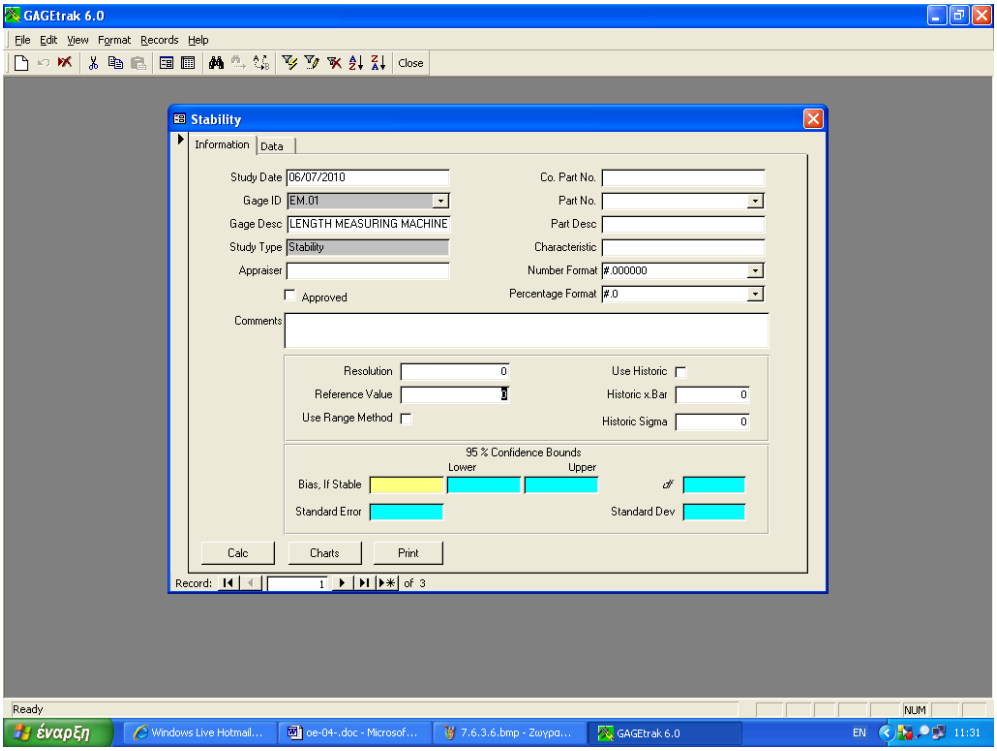
Βήμα 7

Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται πολλές φορές ανάλογα με το σχεδιασμό που έχουμε κάνει . Μετά την καταχώρηση όλων των μετρήσεων , επιστρέφουμε στην καρτέλα Information και πατάμε Calc . Το πρόγραμμα υπολογίζει το σφάλμα και σχολιάζει αν αυτό είναι αποδεκτό ή όχι . Για να είναι αποδεκτό πρέπει το κάτω όριο ελέγχου να είναι μικρότερο του μηδενός και το άνω όριο ελέγχου μεγαλύτερο του μηδενός .



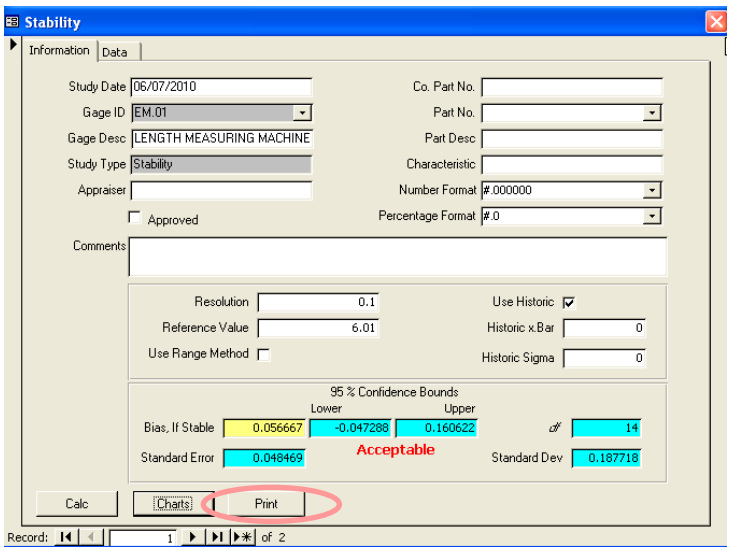
Βήμα 8

Το λογισμικό αυτόματα αποθηκεύει τη μελέτη . Για τη διαγραφή της μελέτης , επιλέγουμε από το κεντρικό menu το κόκκινο εικονίδιο ενώ για να αναζητήσουμε παλαιότερες μελέτες επιλέγουμε τα βελάκια κάτω αριστερά .

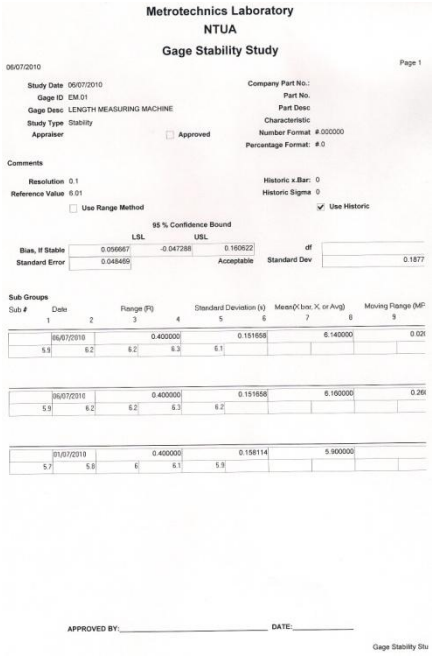


Βήμα 9

Για την εκτύπωση αναφοράς με τα αποτελέσματα της μελέτης , πατάμε το tab Print .



Στην αναφορά που παίρνουμε φαίνονται όλα τα αποτελέσματα της μελέτης αναλυτικά .



Metrotechnics Laboratory
NTUA
Gage Stability Study

06/07/2010 Page 1

Study Date 06/07/2010
Gage ID EM.01
Gage Desc LENGTH MEASURING MACHINE
Study Type Stability
Appraiser
Approved

Company Part No.:
Part No.
Part Desc
Characteristic
Number Format #.000000
Percentage Format: #.0

Comments

Resolution 0.1
Reference Value 6.01
Use Range Method

Historic x.Bar: 0
Historic Sigma 0
Use Historic

95 % Confidence Bound

		LSL	USL			
Bias, If Stable	0.056667	-0.047288	0.160622		df	
Standard Error	0.048469			Acceptable	Standard Dev	0.1877

Sub Groups

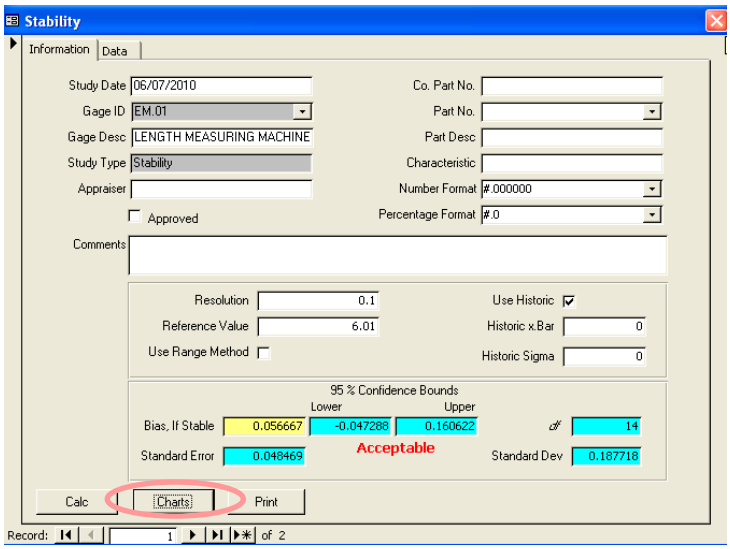
Sub #	Date	Range (R)	Standard Deviation (s)	Mean(X bar, X, or Avg)	Moving Range (MR
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	06/07/2010	0.400000	0.151658	6.140000	0.02
5.9	6.2	6.2	6.3	6.1				
	06/07/2010	0.400000	0.151658	6.160000	0.26
5.9	6.2	6.2	6.3	6.2				
	01/07/2010	0.400000	0.158114	5.900000	
5.7	5.9	6	6.1	5.9				

APPROVED BY:_____ DATE:_____

Gage Stability Stu

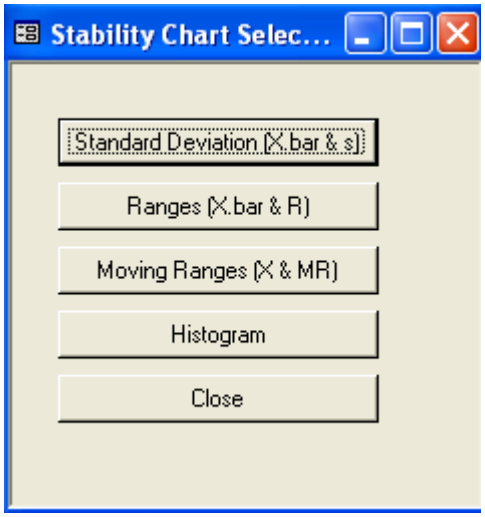
Βήμα 10

Για την εμφάνιση των διαγραμμάτων από την καρτέλα Information επιλέγουμε Charts .



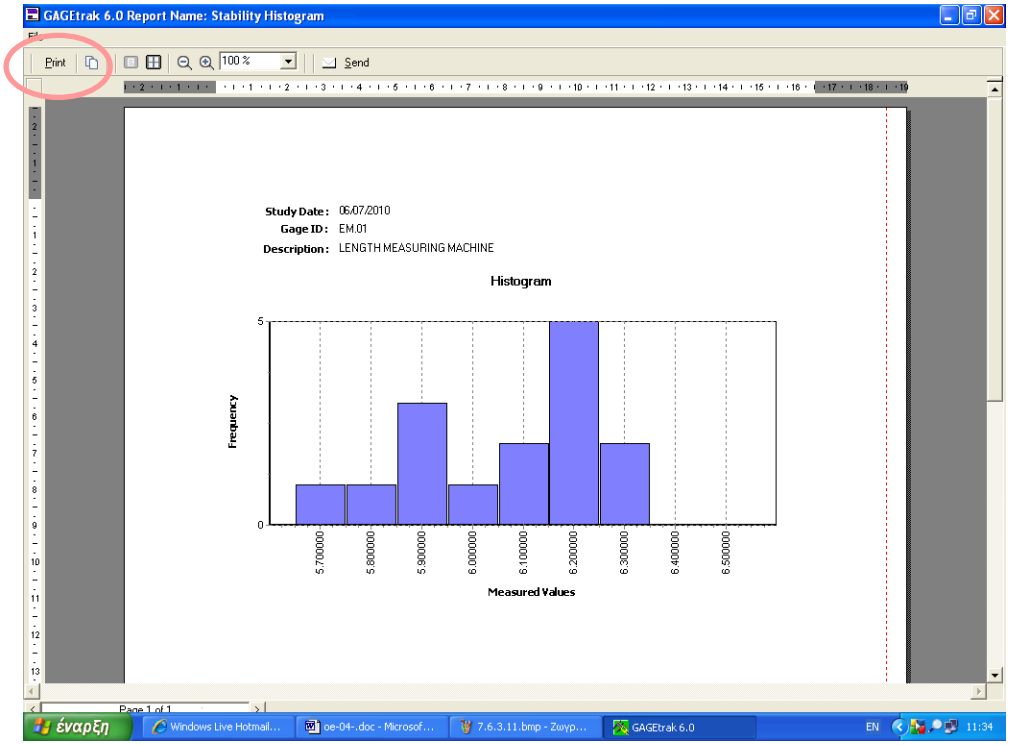
Βήμα 11

Εμφανίζεται μία λίστα με όλα τα διαθέσιμα διαγράμματα από την οποία επιλέγουμε αυτό που μας ενδιαφέρει .

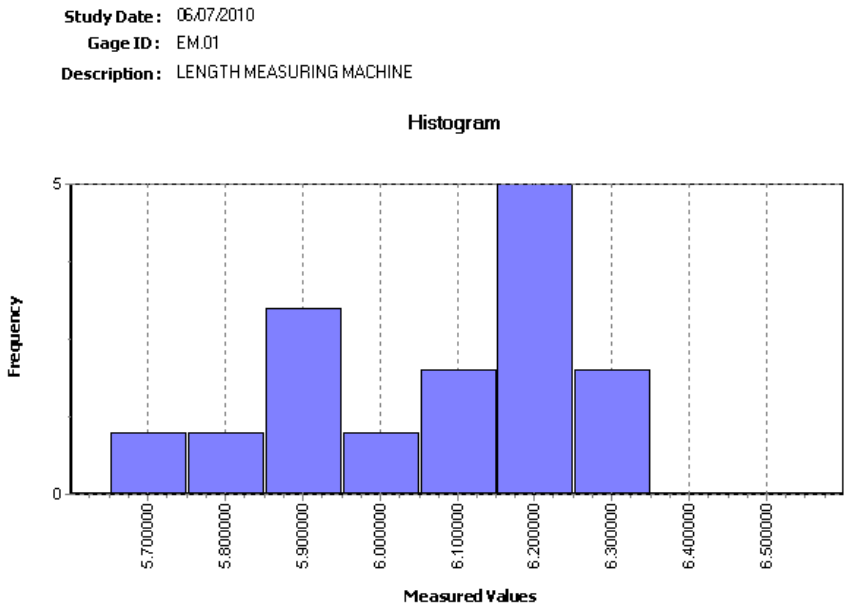


Βήμα 12

Για την εκτύπωση του διαγράμματος πατάμε Print .



Το διάγραμμα που τυπώνεται έχει τη μορφή αναφοράς , όπως παρακάτω :



7.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει τις απαιτήσεις του λογισμικού για τον υπολογισμό των πέντε παραμέτρων : της επαναληψιμότητας , της αναπαραγωγιμότητας , του συστηματικού σφάλματος , της γραμμικότητας και της σταθερότητας .

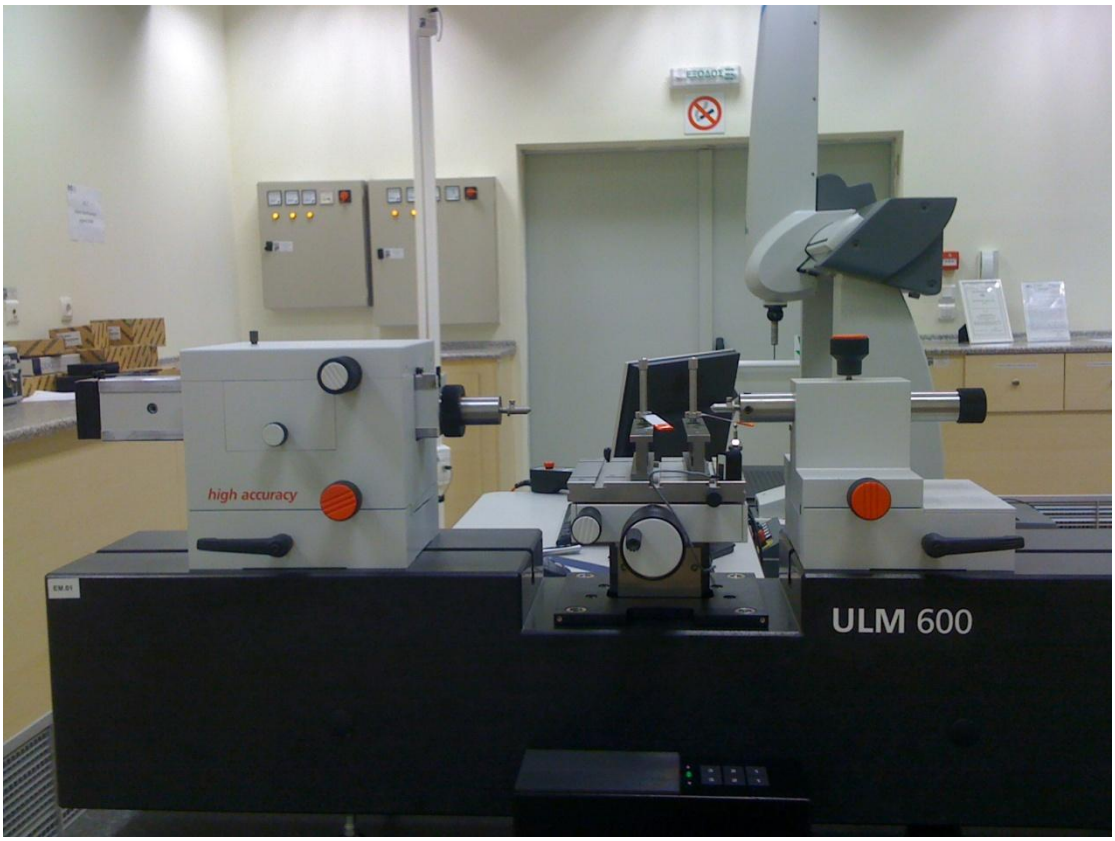
	APPRAISERS		TRIALS		PARTS		Συνολικό Πλήθος Απαιτούμενων Μετρήσεων	Αποτελέσματα
	Ελάχιστη απαίτηση	Καλύτερη πρακτική	Ελάχιστη απαίτηση	Καλύτερη πρακτική	Ελάχιστη απαίτηση	Καλύτερη πρακτική		
EV	2	3	2	3	5	10	90	Υπολογισμός των μεγεθών EV, AV,INT,GRR,PV,TV,R,UCL-R Διαγράμματα
AV	2	3	2	3	5	10	90	Υπολογισμός των μεγεθών EV, AV,INT,GRR,PV,TV,R,UCL-R Διαγράμματα
Bias	1	1	5	12	3	5	60	Συστηματικό Σφάλμα Histogram
Linearity	1	1	5	12	3	5	60	Υπολογισμός Συστηματικού Σφάλματος , Συντελεστών Γραμμικότητας Διαγράμματα Histogram και Linearity Chart
Stability	1	1	3	5	1	1	5 ανά ημερομηνία μέτρησης	Υπολογισμός Συστηματικού Σφάλματος , Standard Error , Standard Deviation Διαγράμματα

8. ΕΦΑΡΜΟΓΗ

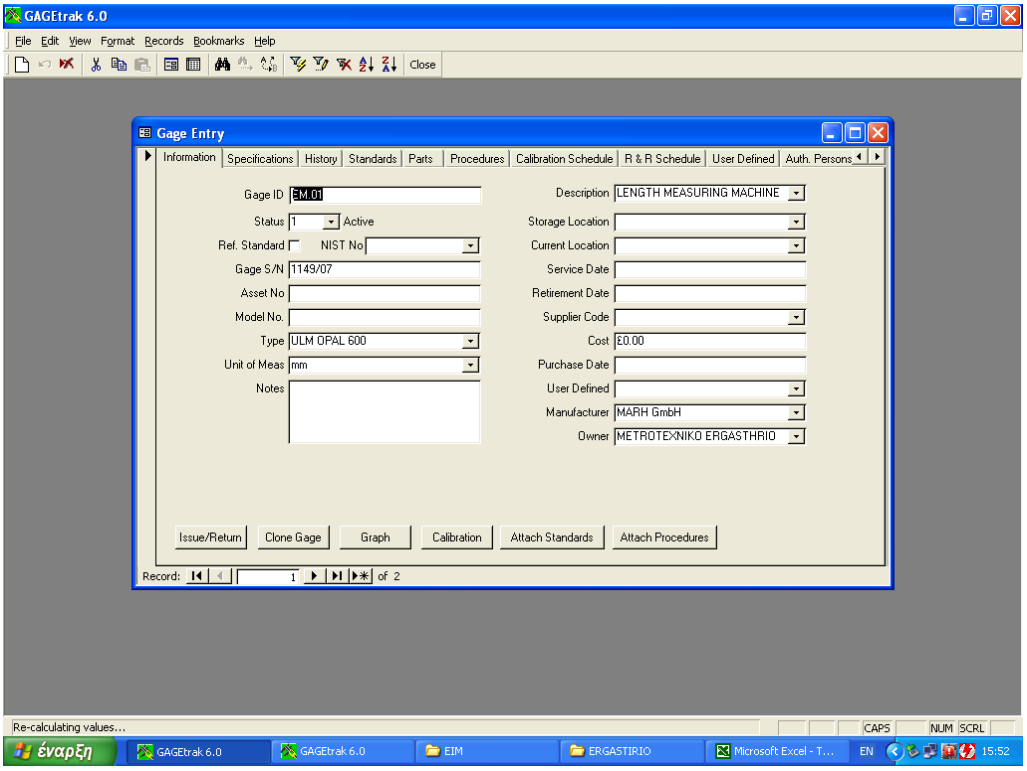
8.1 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

8.1.1 Μετρητικό Όργανο .

Για τη λήψη των παρακάτω μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε το εικονιζόμενο μετρητικό όργανο :



Πρόκειται για μηχανή μέτρησης μήκους σε mm , κατασκευής MARH GmbH , τύπου ULM OPAL 600 . Στο όργανο αυτό έχει δοθεί ο κωδικός EM.01 . Όλα τα παραπάνω στοιχεία είναι καταχωρημένα στο πρόγραμμα .



8.1.2 Συνθήκες Μέτρησης .

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στην Αίθουσα Ελεγχόμενων Συνθηκών ώστε να εξασφαλιστεί η ακρίβεια της μέτρησης μέσω της σταθερής θερμοκρασίας των 20° C , ελεγχόμενης από το σύστημα κλιματισμού , υγρασίας και της απαλλαγής από δονήσεις .

Οι μετρήσεις έγιναν από 3 διαφορετικούς παρατηρητές και πραγματοποιήθηκαν 3 μετρήσεις ανά δοκίμιο και παρατηρητή (trials) για μεγαλύτερη ακρίβεια στα αποτελέσματα .

8.1.3 Πειραματικά Δεδομένα .

Για τη μελέτη GRR , δηλαδή για τον προσδιορισμό της αναπαραγωγιμότητας και της επαναληψιμότητας , εξετάστηκαν δακτύλιοι , ονομαστικής διαμέτρου 35 mm .

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί .

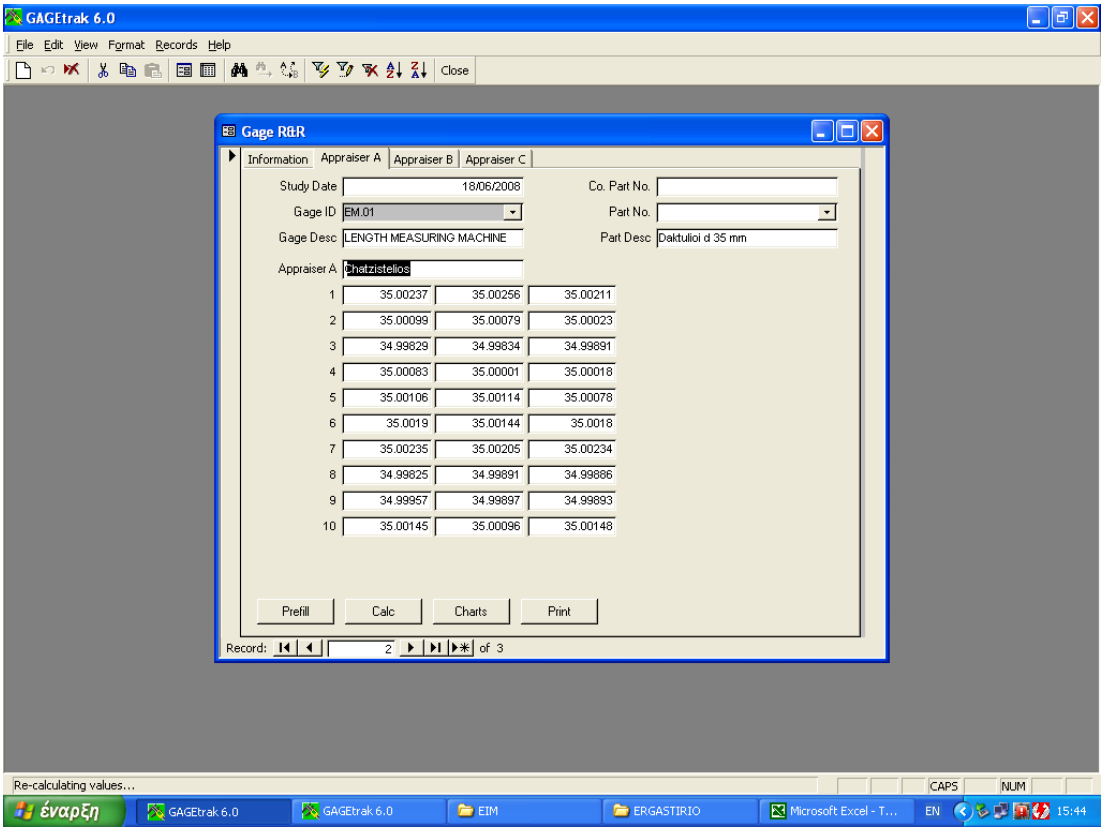
				ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ		
Α/Α		**Α**			**Β**	
1	35,00237	35,00256	35,00211	35,00174	35,00207	35,00169
2	35,00099	35,0079	35,00023	35,00062	34,99995	34,99994
3	34,99829	34,99834	34,99891	34,99854	34,99842	34,99875
4	35,00083	35,00001	35,00018	34,99969	34,99994	35,00052
5	35,0016	35,00114	35,00078	35,00076	35,00125	35,00138
6	35,0019	35,00144	35,0018	35,00132	35,00138	35,00113
7	35,00235	35,00205	35,00234	35,00209	35,00241	35,00188
8	34,99825	34,99891	34,99886	34,99893	34,99882	34,99937
9	34,99957	34,99897	34,99893	34,99901	34,99891	34,99887
10	35,00145	35,00096	35,00148	35,00127	35,00097	35,00098

8.2 MSA - GRR .

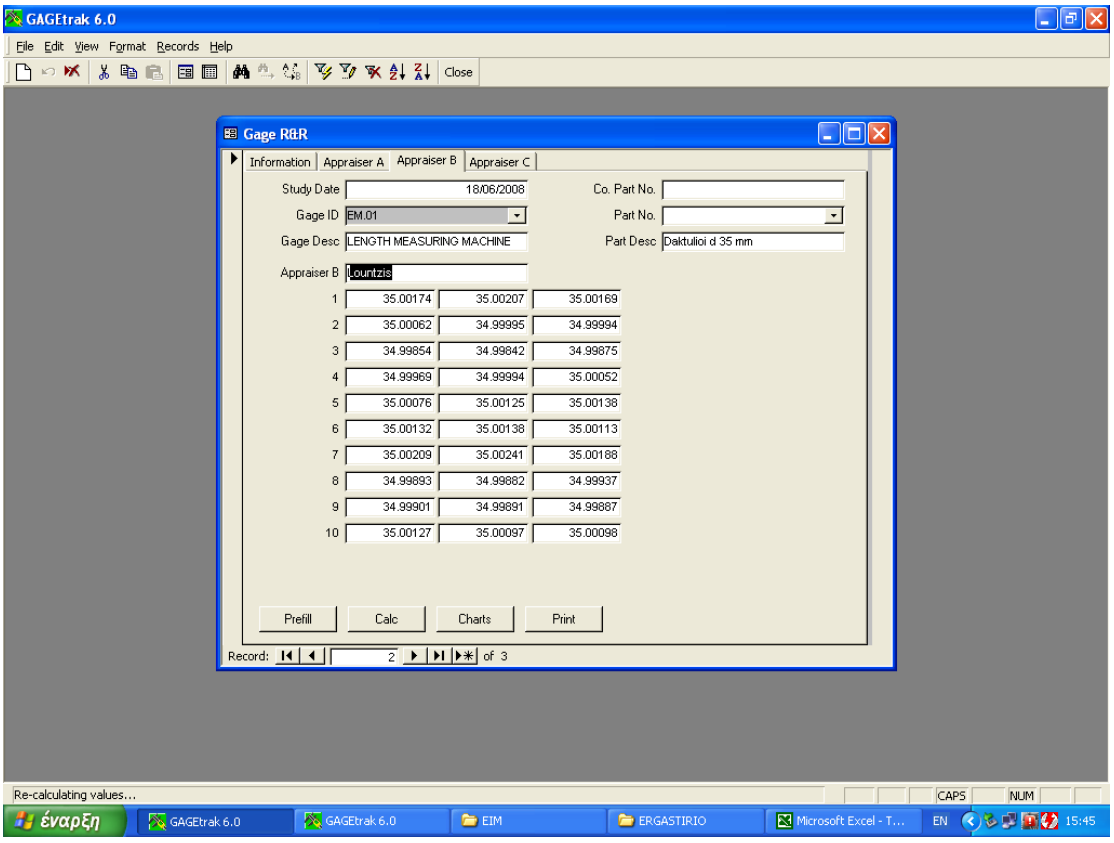
8.2.1 Καταχώρηση Μετρήσεων .

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων καταχωρούνται στο πρόγραμμα , ξεχωριστά για κάθε παρατηρητή , σύμφωνα με τις Οδηγίες Εργασίας 7.2 και 7.3 .

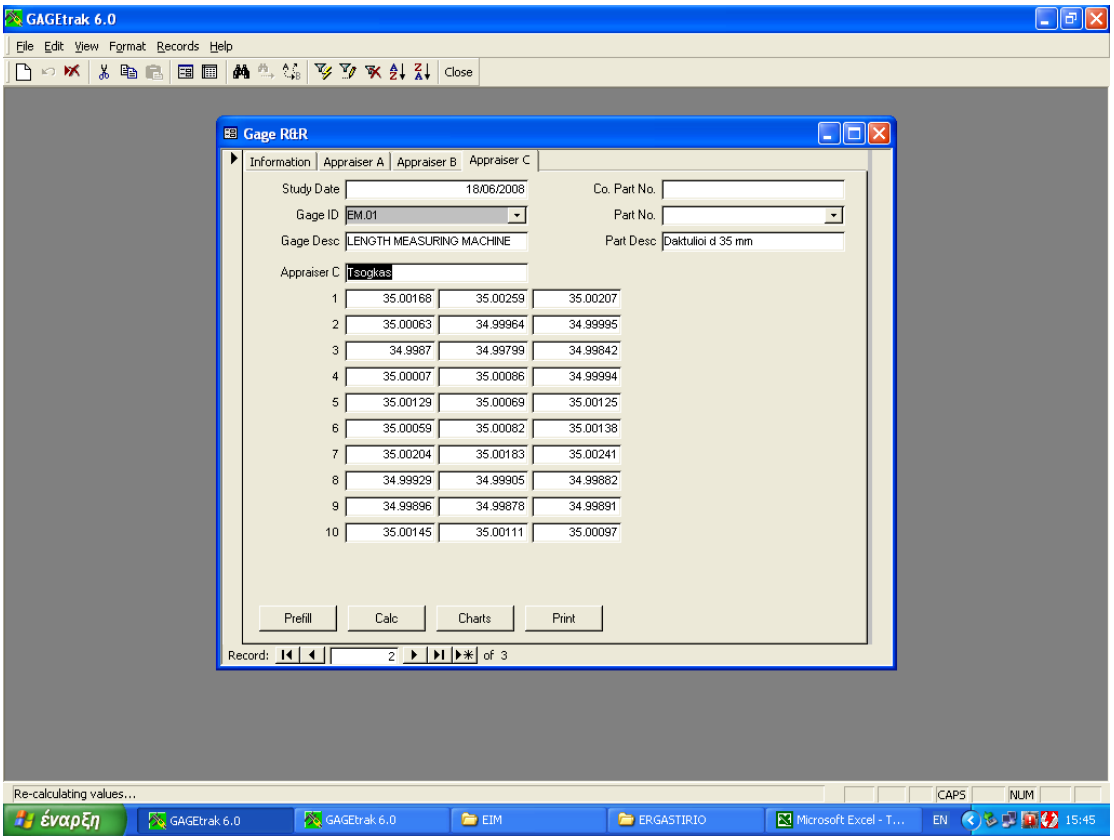
Παρατηρητής Α



Παρατηρητής Β

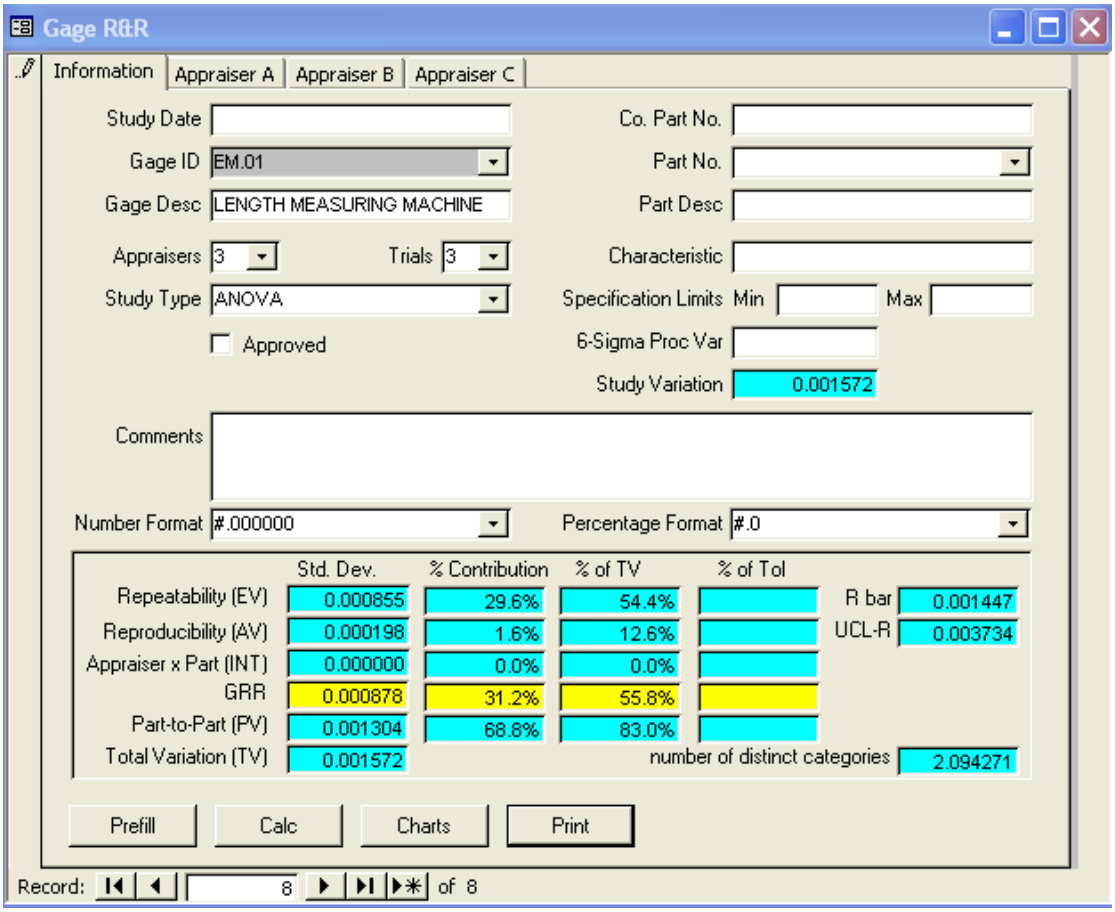


Παρατηρητής C



8.2.2 Αποτελέσματα μελέτης GRR με τη χρήση της μεθόδου ANOVA .

Το Gagetrak δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα επιλογής της χρησιμοποιούμενης μεθόδου για την στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων . Κυρίως μας ενδιαφέρει η επεξεργασία των δεδομένων με τη χρήση της ANOVA καθώς είναι πιο ακριβής από τις άλλες μεθόδους .

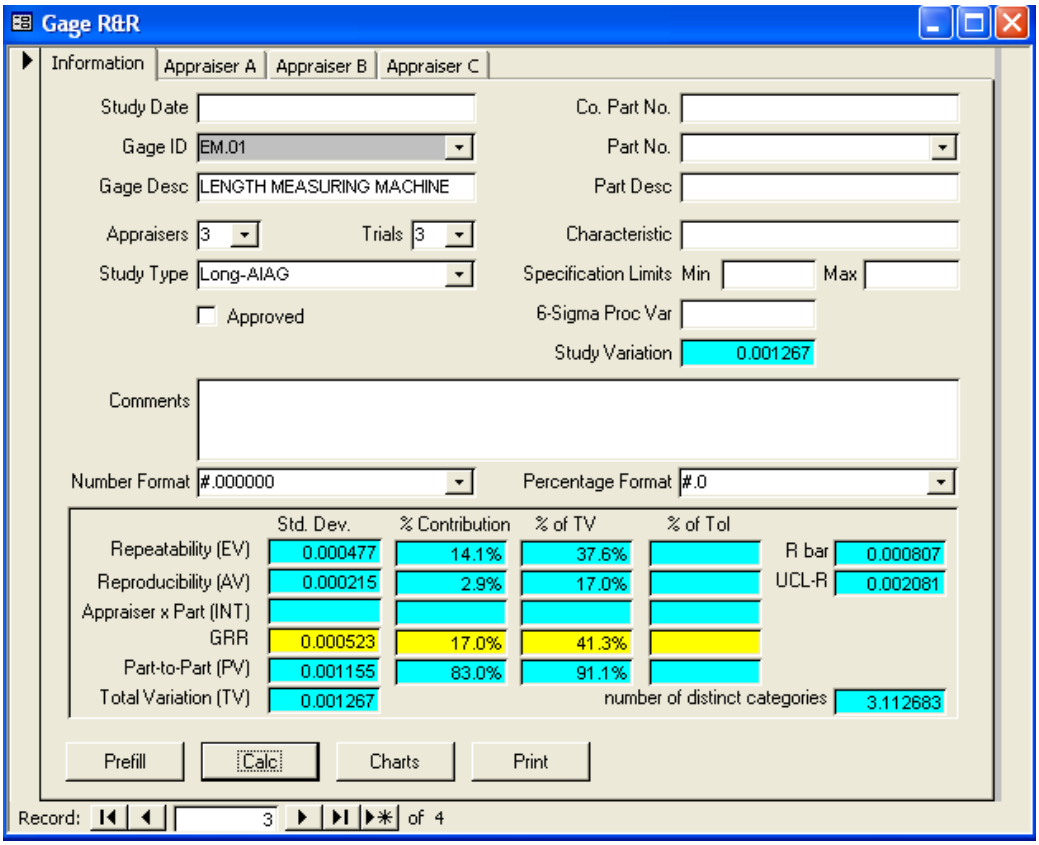


Όπως φαίνεται και από την παραπάνω εικόνα , τα αποτελέσματα της επεξεργασίας του Gagetrak , με τη μέθοδο ANOVA , είναι :

EV	0,000855
AV	0,000198
INT	0,00000
GRR	0,000878
PV	0,001304
TV	0,001572

8.2.3 Αποτελέσματα μελέτης GRR με τη χρήση της Long Method .

Στη συνέχεια επιλέγουμε την επεξεργασία των μετρήσεων με τη χρήση της Long Method .

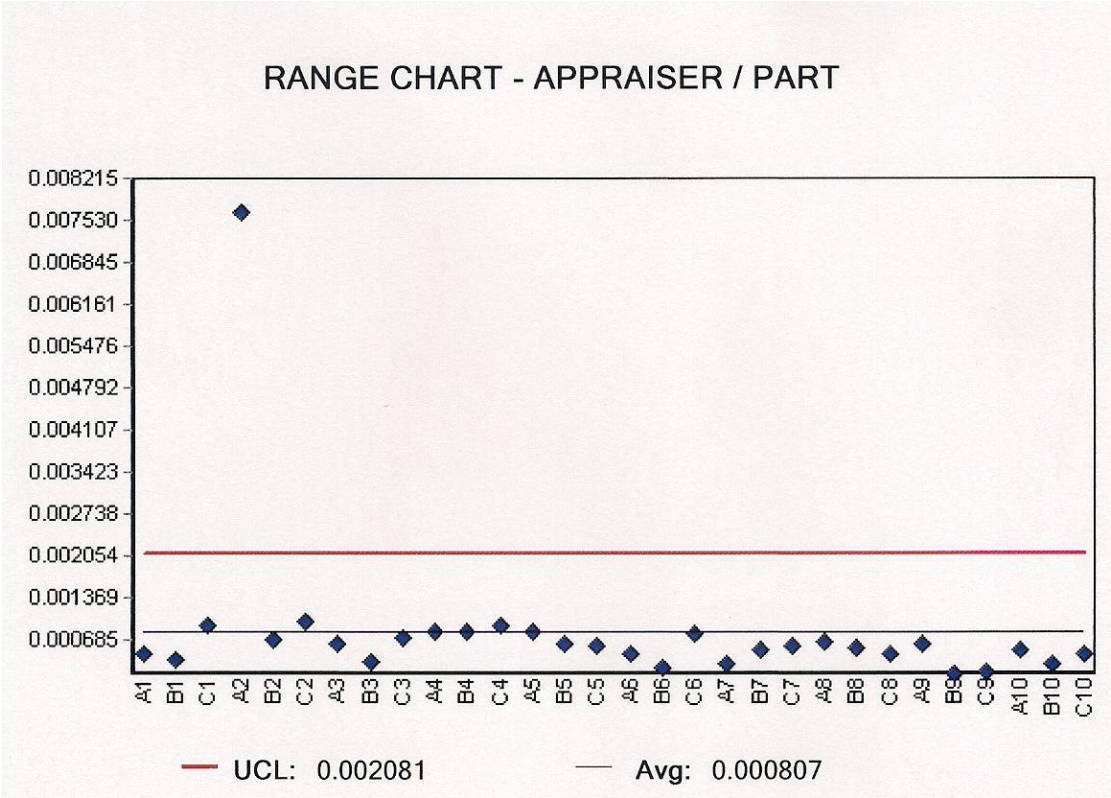


Όπως φαίνεται και από την παραπάνω εικόνα , τα αποτελέσματα της επεξεργασίας του Gagetrak , με τη Long Method , είναι :

EV	0,000477
AV	0,000215
INT	δεν υπολογίζεται
GRR	0,000523
PV	0,001155
TV	0,001267

8.2.4 Διαγράμματα .

8.2.4.1 Range Chart – Appraiser / Part .



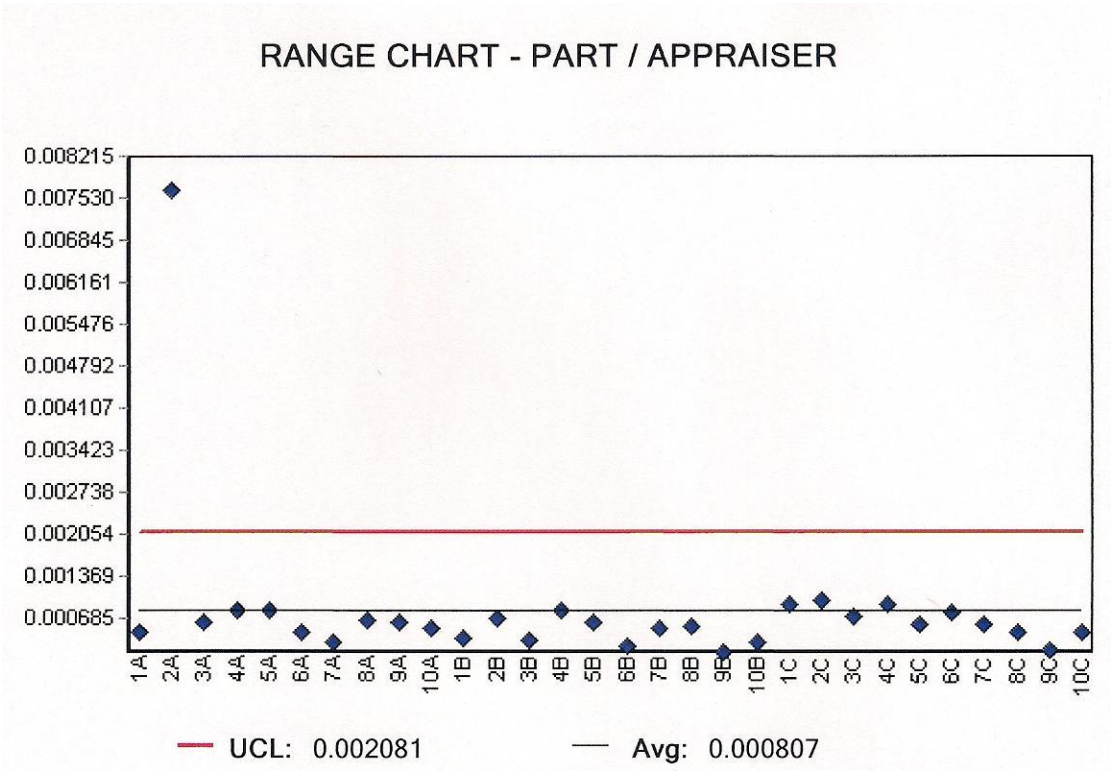
Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται το εύρος κάθε μέτρησης κάθε παρατηρητή , ομαδοποιημένα ανά αριθμημένο δοκίμιο καθώς επίσης και το μέσο εύρος όλων των μετρήσεων και τα όρια ελέγχου .

Παρατηρούμε ότι όλα τα σημεία , πλην ενός , βρίσκονται εντός των ορίων ελέγχου .

Επιπλέον , παρατηρούμε ότι σε ορισμένα τεμάχια , όπως π.χ. στο 4 , οι μετρήσεις και των τριών παρατηρητών έχουν σχεδόν ταυτόσημο εύρος . Γενικά , τα εύρη όλων των μετρήσεων , πλην της μίας που βγαίνει εκτός των

ορίων , είναι πολύ κοντά στο μέσο εύρος . Τέλος , βλέπουμε ότι δεν ακολουθείται κάποιο pattern στις μετρήσεις των τεμαχίων .

8.2.4.2 Range Chart – Part / Appraiser .



Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται το εύρος κάθε μέτρησης κάθε παρατηρητή , ομαδοποιημένα ανά παρατηρητή καθώς επίσης και το μέσο εύρος όλων των μετρήσεων και τα όρια ελέγχου .

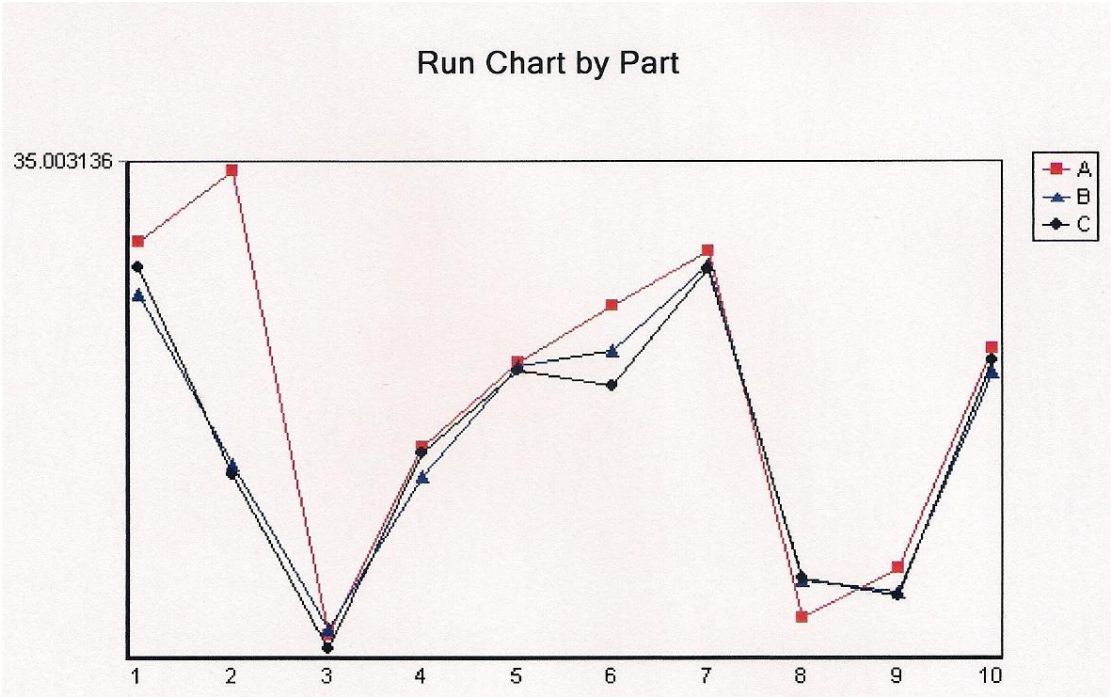
Παρατηρούμε ότι όλα τα σημεία , πλην ενός , βρίσκονται εντός των ορίων ελέγχου και πολύ κοντά μεταξύ τους .

Επίσης , παρατηρούμε ότι οι μετρήσεις του παρατηρητή C παρουσιάζουν μικρότερο εύρος σε σχέση με το εύρος των μετρήσεων των άλλων δύο παρατηρητών , γεγονός που μπορεί να αποδοθεί π.χ. στη μεγαλύτερη εμπειρία του συγκεκριμένου παρατηρητή .

Τέλος , ούτε εδώ βλέπουμε να ακολουθείται κάποιο pattern γεγονός .

Τα παραπάνω δείχνουν ότι οι παρατηρητές παρουσιάζουν σταθερότητα στις μετρήσεις τους χωρίς να επηρεάζονται από το τεμάχιο το οποίο μετρούν .

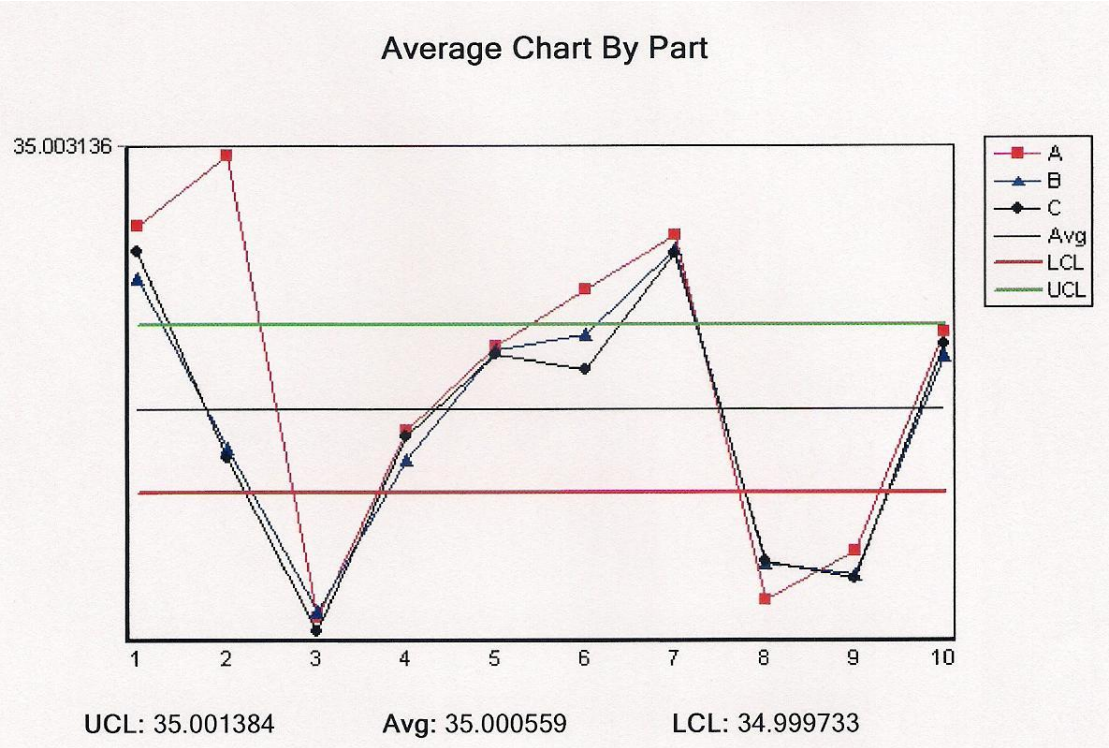
8.2.4.3 Run Chart by Part .



Στο παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχίζονται οι μέσες τιμές των μετρήσεων κάθε παρατηρητή για κάθε αριθμημένο δοκίμιο .

Παρατηρούμε ότι οι μέσες τιμές των μετρήσεων των παρατηρητών για ορισμένα δοκίμια σχεδόν ταυτίζονται πλήρως (Δοκίμια 3 , 4 , 5 , 7 , 10) , γεγονός που δείχνει σταθερότητα μεταξύ των παρατηρητών . Επίσης , παρατηρούμε ότι υπάρχει μία περιοδικότητα στη μορφή των καμπυλών η οποία προφανώς οφείλεται σε κάποια συστηματική αιτία που μεταβάλλει συνεχώς και με περιοδικότητα τις παραμέτρους της κατανομής . Επιπλέον , τα άλματα που παρατηρούνται στο μέσο επίπεδο τιμών της στατιστικής του δείγματος προφανώς οφείλονται στο γεγονός ότι τα τεμάχια που μετρήσαμε δεν προέρχονται από την ίδια παρτίδα .

8.2.4.4 Average Chart by Part .



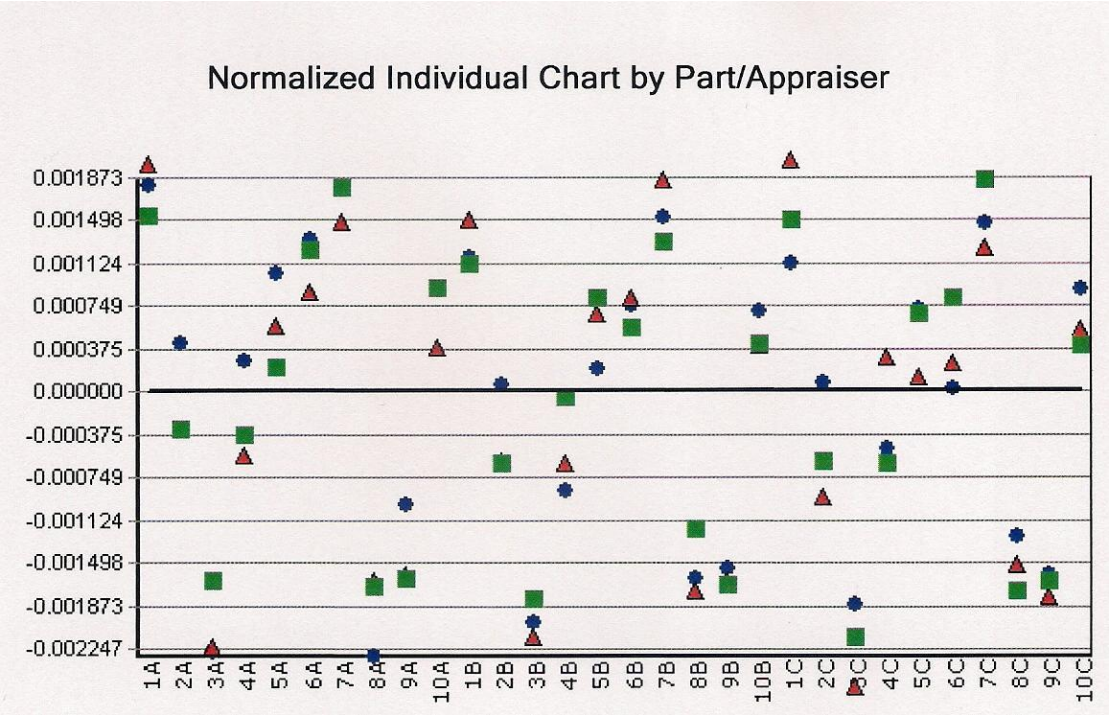
Το διάγραμμα αυτό είναι όμοιο με το Run Chart και δείχνει επιπλέον τα όρια ελέγχου καθώς και τη συνολική μέση τιμή .

Παρατηρούμε ότι οι μέσες μετρούμενες τιμές για πλήθος μεγαλύτερο του μισού των συνολικών μέσων μετρούμενων τιμών βρίσκεται εκτός των ορίων ελέγχου . Το γεγονός αυτό δείχνει ότι το δείγμα των δοκιμίων που εξετάζουμε είναι αντιπροσωπευτικό και το αποτέλεσμα της μελέτης για την PV είναι αξιόπιστο .

Τα όρια ελέγχου δείχνουν την EV και οι τρεις τεθλασμένες γραμμές που ενώνουν τις μέσες μετρούμενες τιμές για κάθε τεμάχιο δείχνουν την AV . Επιβεβαιώνεται εδώ το αποτέλεσμα της υπολογιστικής μεθόδου που δείχνει ότι η AV είναι πολύ μεγαλύτερη από την EV .

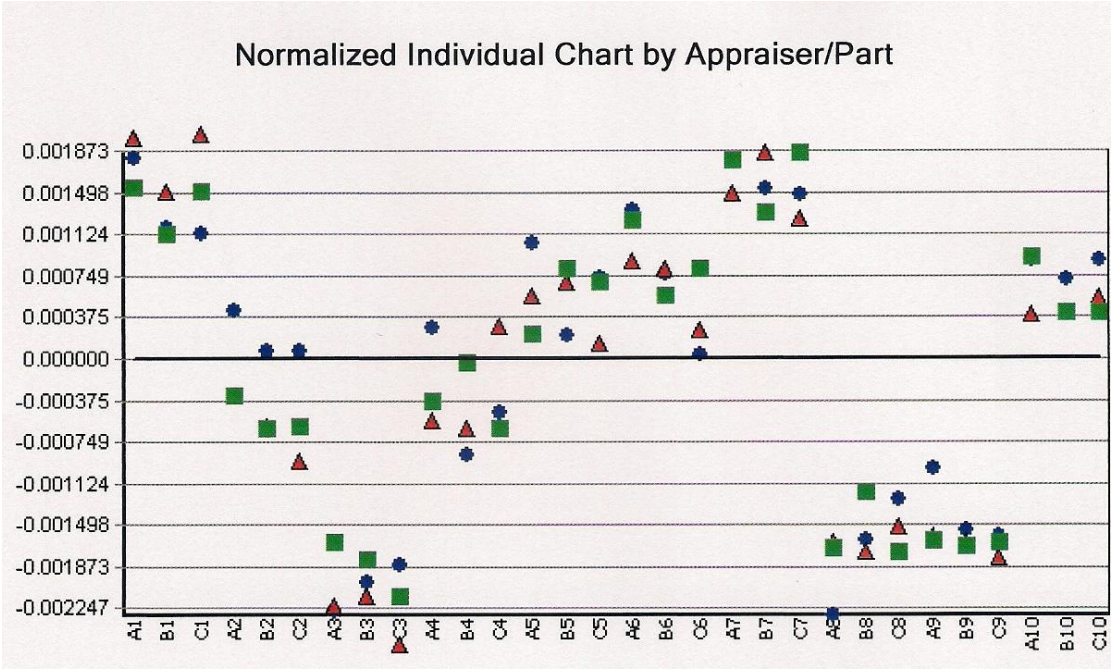
Τέλος , από το διάγραμμα αυτό μπορούμε να συμπεράνουμε αν το σύστημα είναι αποδεκτό ή όχι .

8.2.4.5 Normalized Individual Chart by Part / Appraiser .



Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνονται οι διαφορές μεταξύ των μετρούμενων τιμών και της συνολικής μέσης τιμής , ομαδοποιημένες κατά Παρατηρητή . Παρατηρούμε ότι σε αρκετά τεμάχια τα σημεία σχεδόν ταυτίζονται , γεγονός που δείχνει σταθερότητα των παρατηρητών στις μετρήσεις τους και μικρή AV . Τέλος , δεν παρατηρούμε κάποιο pattern στα αποτελέσματα των παρατηρητών .

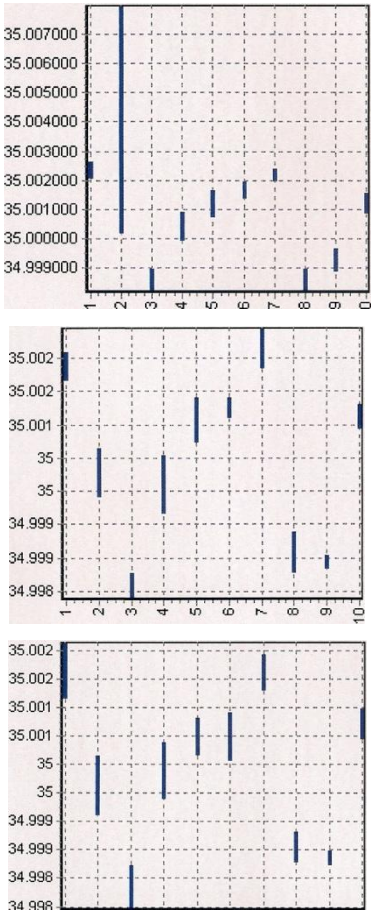
8.2.4.6 Normalized Individual Chart by Appraiser / Part .



Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνονται οι διαφορές μεταξύ των μετρούμενων τιμών και της συνολικής μέσης τιμής , ομαδοποιημένες κατά αριθμημένο δοκίμιο . Παρατηρούμε ότι σε αρκετά τεμάχια τα σημεία σχεδόν ταυτίζονται , γεγονός που δείχνει ότι η μεταβλητότητα λόγω του παρατηρητή (AV) είναι μικρή .

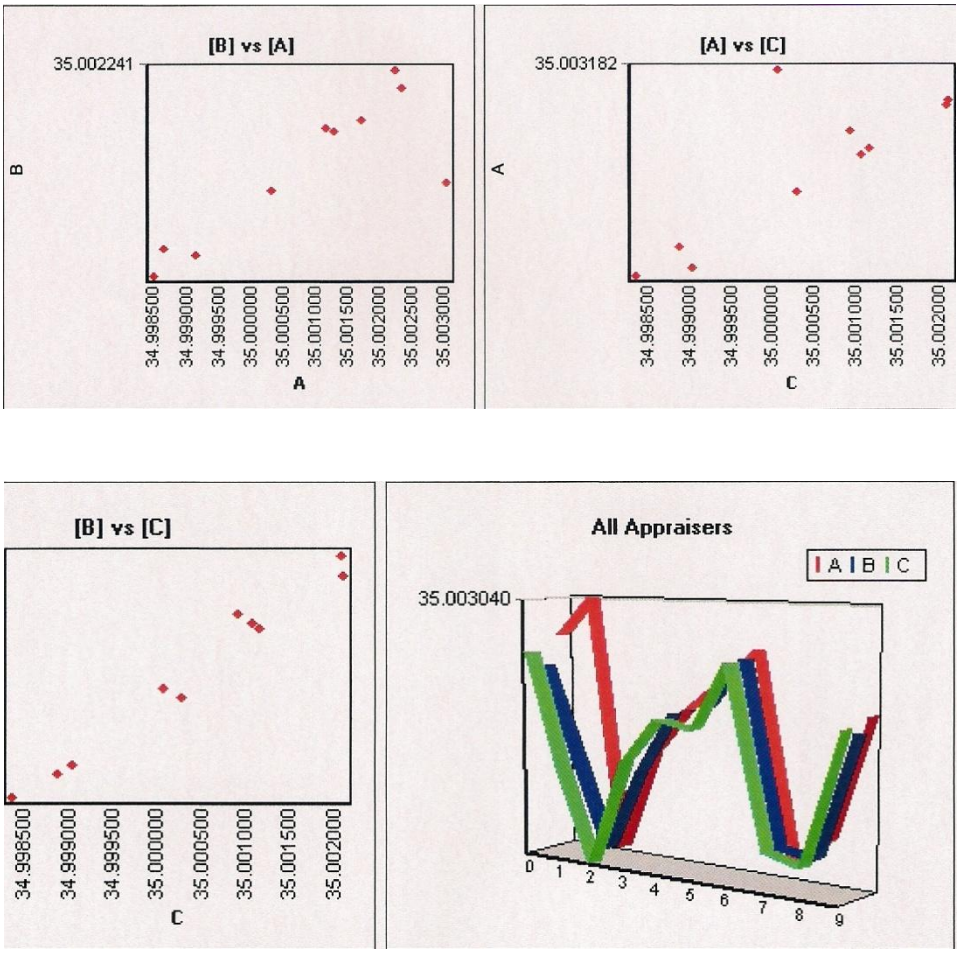
8.2.4.7 Whiskers Charts by Appraiser / Part .

Καθένας από τους 3 παρατηρητές μετράει κάθε αριθμημένο δοκίμιο 3 φορές . Στο διάγραμμα αυτό απεικονίζονται για κάθε δοκίμιο και κάθε παρατηρητή , οι μέγιστες και ελάχιστες μετρούμενες τιμές καθώς και η μέση μετρούμενη τιμή .



Βλέπουμε ότι ο παρατηρητής Α με εξαίρεση το τεμάχιο 2 εμφανίζει μικρότερα εύρη στις μετρήσεις του άρα μεγαλύτερη σταθερότητα .

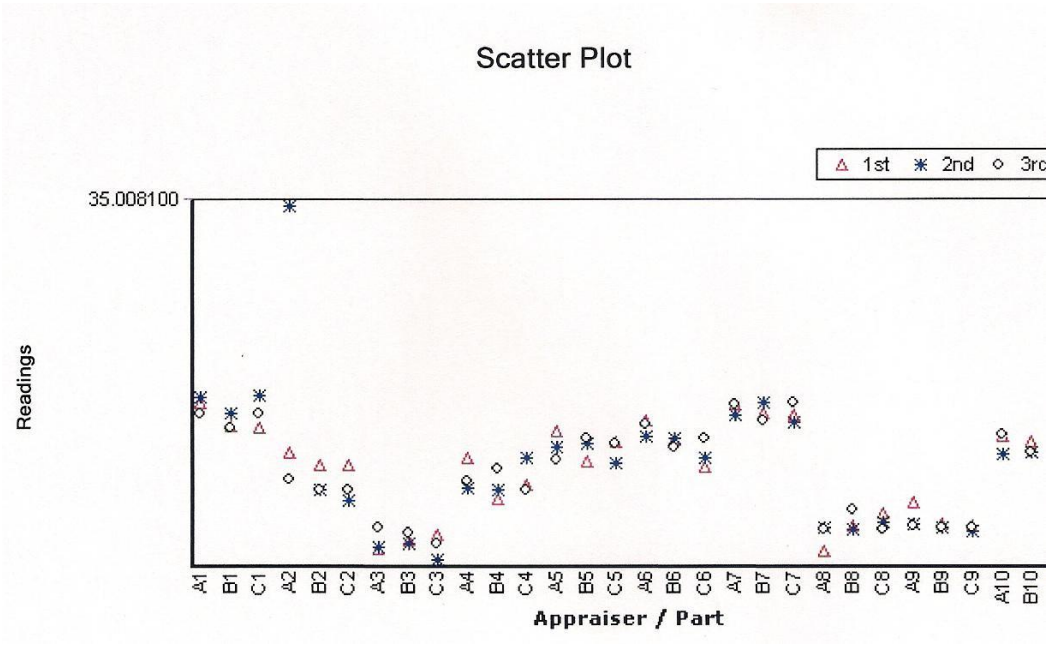
8.2.4.8 Comparison X – Y Plots by Appraiser .



Στο παραπάνω διάγραμμα , αντιστοιχίζονται οι μέσες μετρούμενες τιμές ενός παρατηρητή (π.χ. του A) στις μέσες μετρούμενες τιμές ενός άλλου (π.χ. του B) .

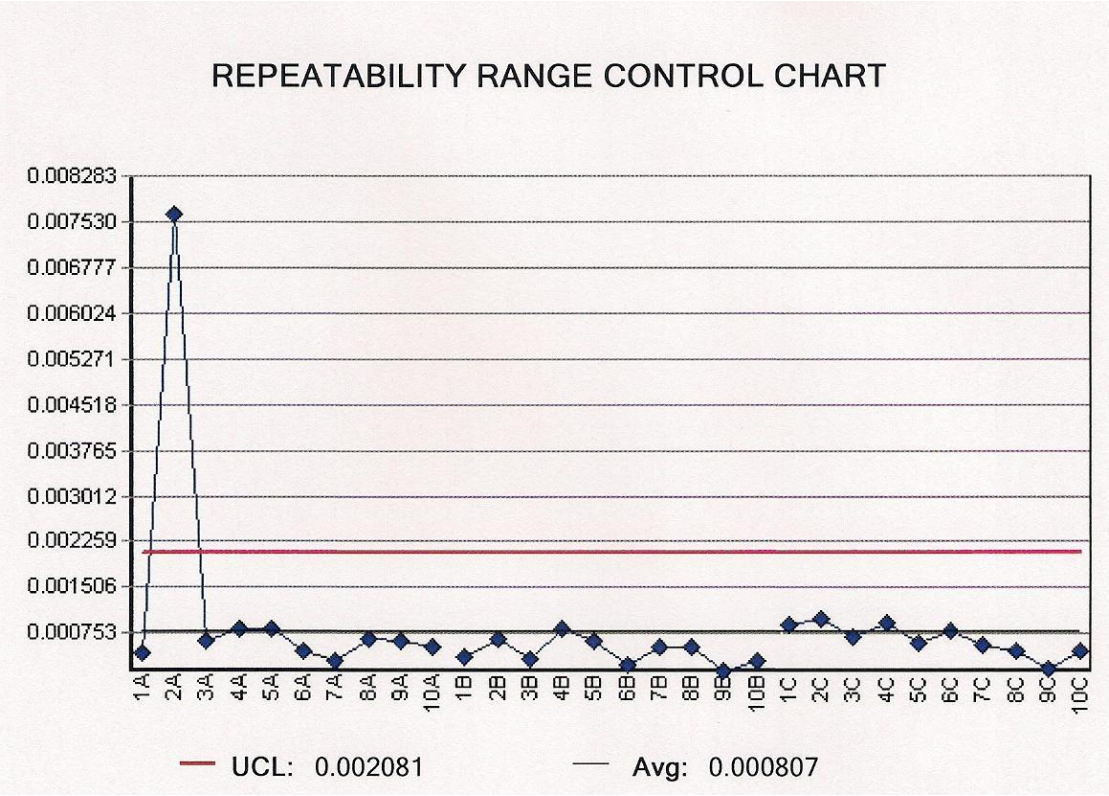
Παρατηρούμε ότι τα αποτελέσματα των μετρήσεων βρίσκονται πολύ κοντά (κείτονται επί ευθείας με κλίση 45° που διέρχεται από την αρχή των αξόνων) .

8.2.4.9 Scatter Plot .



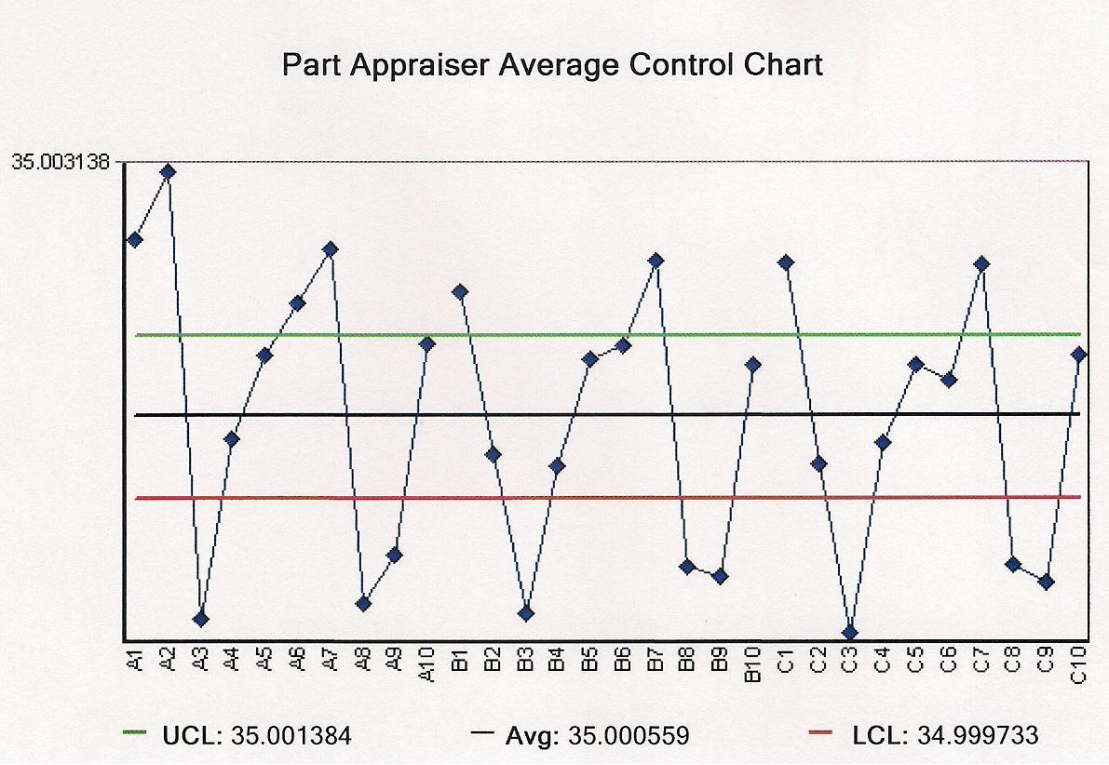
Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνονται οι μετρήσεις κάθε παρατηρητή ανά αριθμημένο δοκίμιο . Παρατηρούμε ότι οι μετρήσεις όλων των παρατηρητών είναι σχετικά κοντά μεταξύ τους γεγονός που υποδεικνύει σταθερότητα και αμεροληψία των παρατηρητών .

8.2.4.10 Repeatability Range Control Chart .



Στο διάγραμμα αυτό απεικονίζονται τα εύρη των μετρήσεων κάθε παρατηρητή για κάθε αριθμημένο δοκίμιο , καθώς και το μέσο εύρος και τα όρια ελέγχου . Παρατηρούμε ότι όλα τα δεδομένα (εκτός μίας μέτρησης) βρίσκονται εντός των ορίων ελέγχου , γεγονός που δείχνει αφενός σταθερότητα μεταξύ των παρατηρητών και αφετέρου ότι χρησιμοποιούν το όργανο μέτρησης με τον ίδιο τρόπο .

8.2.4.11 Part Appraiser Average Control Chart .



Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνονται οι μέσες μετρούμενες τιμές ανά παρατηρητή και αριθμημένο δοκίμιο , συμπεριλαμβανομένων των ορίων ελέγχου και της συνολικής μέσης μετρούμενης τιμής .

Παρατηρούμε ότι πλήθος τιμών μεγαλύτερο του ήμισυ του συνολικού πλήθους βρίσκονται εκτός των ορίων ελέγχου , γεγονός που δείχνει ότι η διακύμανση μεταξύ των τεμαχίων (Part to part variation) είναι ανιχνεύσιμη στο μετρητικό σύστημα .

8.2.5 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων GRR – Σύγκριση Αποτελεσμάτων ANOVA και Long Method .

	ANOVA	Long Method
EV	0,000855	0,000477
AV	0,000198	0,000215
INT	0,00000	δεν υπολογίζεται
GRR	0,000878	0,000523
PV	0,001304	0,001155
TV	0,001572	0,001267

Κατ'αρχάς , βλέπουμε ότι στην Total Variation συνεισφέρει κυρίως η Part Variation . Το γεγονός αυτό είναι θετικό και αναμενόμενο . Μάλιστα βλέπουμε ότι η PV είναι σχεδόν διπλάσια , υπολογιζόμενη με την ANOVA και υπερδιπλάσια , υπολογιζόμενη με τη Long Method , από την GRR . Η μεγάλη αυτή διαφορά οφείλεται στο γεγονός ότι τα τεμάχια που μετρήθηκαν δεν ανήκουν σε μία παρτίδα αλλά επιλέχθηκαν τυχαία αφού σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας και μελέτης δεν είναι ο έλεγχος κάποιας παραγωγικής διαδικασίας (εν προκειμένω της κατασκευής δακτυλίων Φ35 mm) αλλά ο έλεγχος των δυνατοτήτων του Μετροτεχνικού Εργαστηρίου (προσωπικού και μετρητικής μηχανής) . Επομένως , ήταν αναμενόμενο να υπολογιστεί μεγάλη Part Variation .

Παρόλα τα διαφορετικά αριθμητικά αποτελέσματα των δύο μεθόδων , παρατηρούμε ότι η GRR ως ποσοστό της TV είναι πολύ υψηλή (41,3% για την επεξεργασία με τη Long Method και 55,8% για την επεξεργασία με την ANOVA) . Το γεγονός αυτό δείχνει ότι το μετρητικό μας σύστημα δεν είναι αποδεκτό και χρειάζεται περαιτέρω μελέτη για την εύρεση της πηγής του σφάλματος και την υποβολή προτάσεων βελτίωσης .

Για τον εντοπισμό της πηγής του σφάλματος , θα μας βοηθήσουν οι συνιστώσες του GRR . Παρατηρούμε ότι η AV είναι εμφανώς μικρότερη της

EV και η INT μεταξύ τεμαχίου και παρατηρητή είναι αμελητέα . Το γεγονός αυτό δείχνει αφενός ότι οι παρατηρητές είναι , κατά το δυνατόν , αμερόληπτοι, δηλαδή οι μετρήσεις τους δεν επηρεάζονται από το εκάστοτε αριθμημένο τεμάχιο που μετρούν κάθε φορά και αφετέρου ότι η μέθοδος που εφαρμόζουν είναι σωστή και εφαρμόζεται ορθά και με τον ίδιο τρόπο και από τους 3 παρατηρητές . Επιπλέον , στα αντίστοιχα διαγράμματα βλέπουμε ότι οι μέσες τιμές των μετρήσεών τους και τα εύρη των μετρήσεών τους είναι πολύ κοντά και συγκεντρωμένη γύρω από τη συνολική μέση γραμμή . Το γεγονός αυτό δείχνει σταθερότητα και την έλλειψη μη κανονικών μετρήσεων , με εξαίρεση μία μέτρηση του παρατηρητή A .

Επομένως , συμπεραίνουμε ότι οι προτάσεις βελτίωσης πρέπει να στραφούν κυρίως στη μετρητική μηχανή που χρησιμοποιήθηκε , η οποία είναι πιθανό να χρήζει π.χ. διακρίβωσης ή επισκευής , κ.λ.π. .

Επίσης , μπορούμε να εξάγουμε και ένα συμπέρασμα για τη σύγκριση των δυνατοτήτων των τριών παρατηρητών . Στη συγκεκριμένη μελέτη , ο παρατηρητής C φαίνεται να είναι πιο σταθερός γεγονός που μπορεί να οφείλεται είτε στη μεγαλύτερη εμπειρία του είτε στο γεγονός ότι ήταν πιο συγκεντρωμένος από τους υπόλοιπους .

Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και από τα Διαγράμματα που προηγήθηκαν .

Όπως φαίνεται στον παραπάνω συγκεντρωτικό πίνακα , τα αποτελέσματα της επεξεργασίας με τις δύο μεθόδους παρουσιάζουν ορισμένες αποκλίσεις .

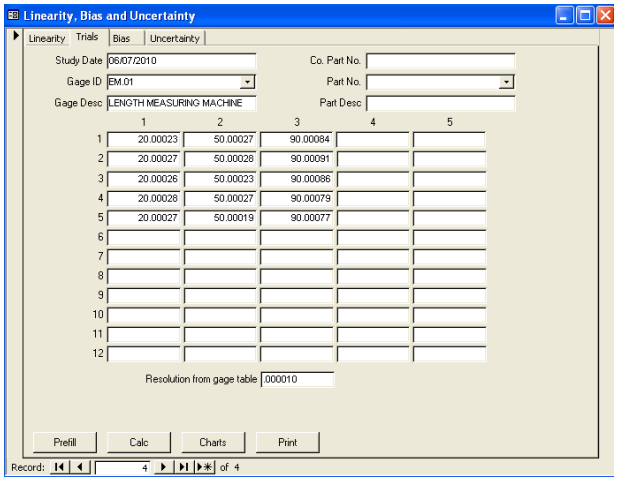
Κατ’αρχάς , η ANOVA υπολογίζει και την ενδεχόμενη επίδραση μεταξύ παρατηρητή – τεμαχίου (INT) ενώ η Long Method δεν παρέχει αυτήν την δυνατότητα . Η διαφορά σε όλα τα υπολογιζόμενα μεγέθη εμφανίζεται στο 4° δεκαδικό ψηφίο μετά την υποδιαστολή , δηλαδή είναι της τάξης του δέκατου του μm . Η διαφορά αυτή , για τις απαιτήσεις του Μετροτεχνικού Εργαστηρίου γενικά , δεν είναι αμελητέα .

Επίσης , παρατηρούμε ότι για όλα τα υπολογιζόμενα μεγέθη έχουν προκύψει μεγαλύτεροι αριθμοί από την επεξεργασία της ANOVA σε σχέση με τη Lond Method . Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ANOVA , όπως είναι γνωστό και από τη βιβλιογραφία , υπολογίζει με μεγαλύτερη ακρίβεια , επομένως εντοπίζει ‘καλύτερα’ το σφάλμα .

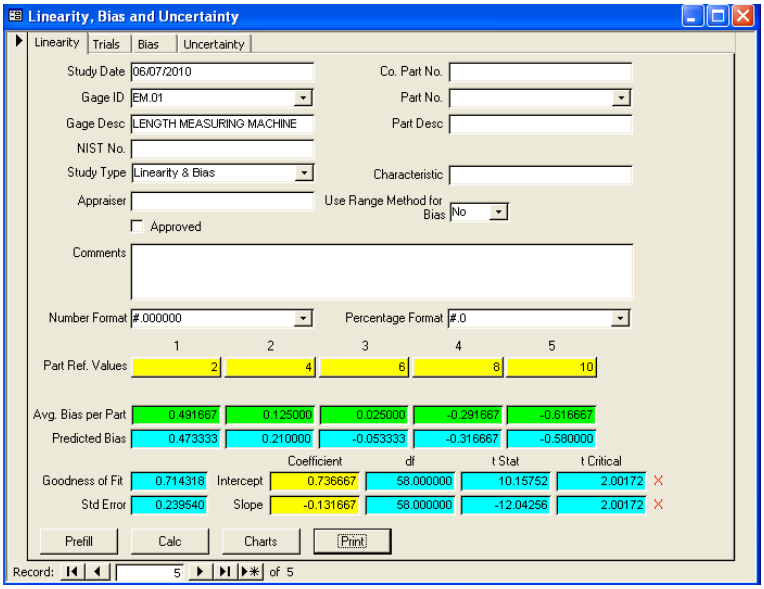
8.3 MSA – Linearity and Bias

8.3.1 Καταχώρηση μετρήσεων .

Καταχωρούμε τις μετρήσεις καθώς και τις Τιμές Αναφοράς των τεμαχίων σύμφωνα με την Οδηγία Εργασίας 7.5 .



8.3.2 Αποτελέσματα μελέτης Linearity and Bias .



Όπως φαίνεται και από την παραπάνω εικόνα , το Gagetrak υπολογίζει το συντελεστή πολλαπλού προσδιορισμού (Goodness of Fit) καθώς και τους συντελεστές της ευθείας αναδρομής . Επίσης , υπολογίζει το μέσο συστηματικό σφάλμα και τα όρια εμπιστοσύνης 95% και εμφανίζει την ένδειξη Acceptable αν το σφάλμα είναι αποδεκτό και την ένδειξη Unacceptable αν το σφάλμα δεν είναι αποδεκτό .

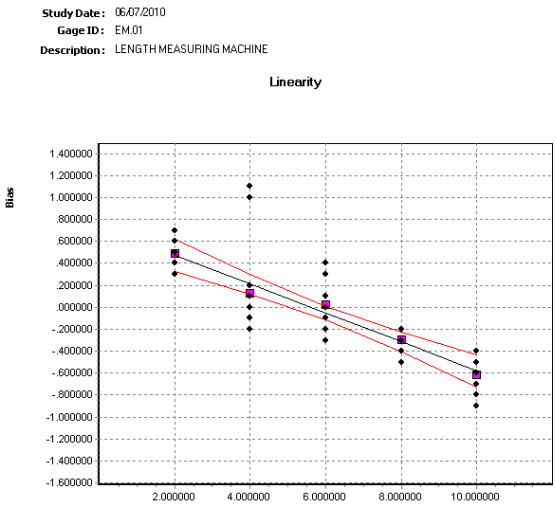
R^2	0,714318
Slope	-0,131667
Intercept	0,736667
Average Bias	-0,053333

Όπως βλέπουμε το σύστημα είναι αποδεκτό . Επίσης , ο συντελεστής πολλαπλού προσδιορισμού πλησιάζει τη μονάδα που σημαίνει ότι έχουμε σχετικά καλή γραμμική προσαρμογή .

Στα παραπάνω συμπεράσματα συνηγορούν και τα διαγράμματα που ακολουθούν .

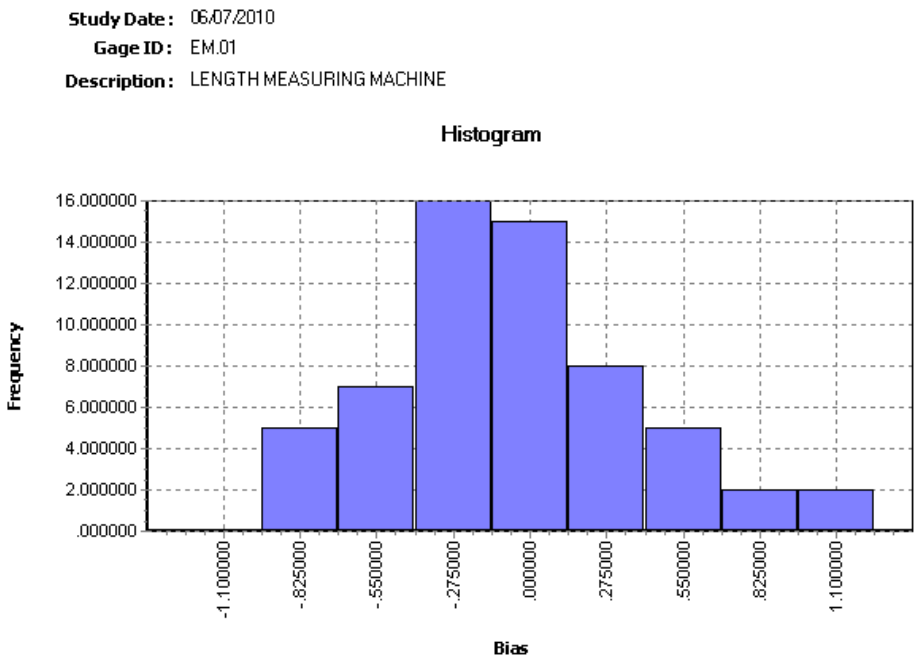
8.3.3 Διαγράμματα .

8.3.3.1 Linearity Chart .



Το παραπάνω διάγραμμα αντιστοιχίζει σε κάθε Τιμή Αναφοράς το μέσο συστηματικό σφάλμα . Επίσης εμφανίζει και τα όρια εμπιστοσύνης . Για να είναι αποδεκτό το μετρητικό σύστημα , πρέπει η ευθεία προσαρμογής να είναι μεταξύ των ορίων εμπιστοσύνης .

8.3.3.2 Histogram .



Στο παραπάνω ιστόγραμμα εμφανίζεται η συχνότητα εμφάνισης του Συστηματικού Σφάλματος .

9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ GAGETRAK ΣΤΟ ΜΕΤΡΟΤΕΧΝΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

9.1 Γενικά Συμπεράσματα – Προτάσεις .

Όπως φαίνεται και από τα προηγούμενα κεφάλαια , το Gagetrak είναι ένα εξειδικευμένο αλλά εξαιρετικά απλό στη χρήση λογισμικό και δεν απαιτείται πολύς χρόνος ενασχόλησης για την εξοικείωση του χρήστη με αυτό . Επιπλέον , καλύπτει όλο το εύρος των αναγκών του προσωπικού του

Μετροτεχνικού Εργαστηρίου όσο αφορά τη Στατιστική Επεξεργασία των Μετρήσεων . Εκτός από την επεξεργασία των μετρήσεων , παρέχει μία σειρά από άλλες λειτουργίες που μπορούν να διευκολύνουν το έργο του προσωπικού του εργαστηρίου , όπως καταχώρηση των οργάνων , προγραμματισμός των απαραίτητων διακριβώσεών τους , κ.λ.π. .

Η παρούσα εργασία επικεντρώθηκε κυρίως στην πραγματοποίηση MSA με τη χρήση του λογισμικού . Συντάχθηκαν αναλυτικές Οδηγίες Εργασίας για τη μελέτη κάθε χαρακτηριστικού καθώς και συγκεντρωτικός πίνακας όπου αναφέρονται οι ελάχιστες απαιτήσεις του προγράμματος από το χρήστη . Για την εξαγωγή συμπερασμάτων , προχωρήσαμε στην εφαρμογή των Οδηγιών Εργασίας με την καταχώρηση μετρήσεων που είχαν παρθεί από το προσωπικό του Εργαστηρίου .

Έτσι , για τη διενέργεια MSA – GRR , προτείνεται η χρήση σχεδόν αποκλειστικά της ANOVA καθώς για τις μελέτες του Μετροτεχνικού Εργαστηρίου μας ενδιαφέρει μεγάλη ακρίβεια των αποτελεσμάτων . Η Long Method μπορεί να χρησιμοποιείται συμπληρωματικά κάποιες φορές ενώ ο υπολογισμός με τη Short Method δε θα ήταν χρήσιμος αφού μας δίνει μόνο μία γενική ιδέα χωρίς να υπολογίζει ξεχωριστά την AV και την EV .

Από τη μελέτη της μεταβλητότητας , το λογισμικό εξάγει πολλά διαγράμματα , τα περισσότερα εκ των οποίων ομοιάζουν μεταξύ τους . Τα βασικά διαγράμματα από τα οποία εξάγουμε συμπεράσματα είναι το Range Chart , Average Chart , Scatter Plot , Repeatability Rage Control Chart και Part Appraiser Average Control Chart .

Για τη μελέτη της γραμμικότητας προτείνεται η χρήση μετρήσεων καθ’όλο το εύρος μέτρησης της μετρητικής μηχανής που μελετάμε , για την επίτευξη μεγαλύτερης ακρίβειας . Εδώ το λογισμικό είναι εξαιρετικά βοηθητικό αφού εμφανίζει ένδειξη για το αν το σύστημα είναι αποδεκτό ή όχι .

Για τη μελέτη της σταθερότητας προτείνεται η λήψη μετρήσεων για σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα (μηνών) ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή ακρίβεια των αποτελεσμάτων . Δυστυχώς για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας δεν υπήρχε η δυνατότητα μελέτης της σταθερότητας με την καταχώρηση μετρήσεων καθώς , όπως αναλυτικά έχει αναφερθεί και παραπάνω , απαιτούνται πολλά trials μετρήσεων και για σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα.

9.2 Πλεονεκτήματα της χρήσης του Gagetrak στο Μετροτεχνικό Εργαστήριο

- Εξαιρετικά απλό στη χρήση .
- Καλύπτει όλες τις ανάγκες του Μετροτεχνικού Εργαστηρίου για την οργάνωση του και τις διεξαγωγές μελετών .
- Προσφέρει ολοκληρωμένη Measurement System Analysis – Το λογισμικό υπολογίζει όλα τα χαρακτηριστικά του μετρητικού συστήματος .
- Εύκολη Εκτύπωση αναλυτικών αναφορών και διαγραμμάτων .

- Συμβατότητα αναφορών με το Πρότυπο ISO 9001 και το ISO 17025 , σύμφωνα με τα οποία λειτουργεί το εργαστήριο .
- Ανυπαρξία αριθμητικών και μαθηματικών λαθών - Δεν απαιτείται η ενασχόληση του χρήστη με τους μαθηματικούς υπολογισμούς , γεγονός που εξασφαλίζει την ανυπαρξία αριθμητικού λάθους κατά την επεξεργασία των μετρήσεων .
- Δεν απαιτείται εις βάθος γνώση και αναλυτική χρήση των δύσκολων μαθηματικών μεθόδων (π.χ. ANOVA) εκ μέρους του εμπλεκόμενου προσωπικού .
- Μείωση των ωρών εργασίας του εμπλεκόμενου προσωπικού και αύξηση της αποδοτικότητάς του .

9.3 Μειονεκτήματα της χρήσης του Gagetrak στο Μετροτεχνικό Εργαστήριο

Το βασικό μειονέκτημα του λογισμικού είναι κυρίως ότι θέτει διάφορους περιορισμούς που απαιτούν καθημερινή σχεδόν και προγραμματισμένη ενασχόληση με αυτό , ειδικά όσο αφορά συγκεκριμένες ενότητες . Για παράδειγμα , το πεδίο της ημερομηνίας , σε όλες τις ενότητες , δεν επιδέχεται αλλαγή από το χρήστη . Αυτό σημαίνει πρακτικά ότι η καταχώρηση των μετρήσεων προς μελέτη πρέπει να γίνεται την ημέρα που λαμβάνονται οι μετρήσεις . Για παράδειγμα , κατά τη μελέτη της σταθερότητας η ημερομηνία

λήψης των μετρήσεων είναι για το πρόγραμμα η ημερομηνία καταχώρησής τους . Έτσι , π.χ. δεν ήταν δυνατή η εφαρμογή στα πλαίσια της παρούσας εργασίας της μελέτης της σταθερότητας .
Ο τόσος στενός προγραμματισμός υπό άλλες συνθήκες θα ήταν επιθυμητός . Όμως , το προσωπικό του Μετροτεχνικού Εργαστηρίου είναι περιορισμένο και επιφορτισμένο με πολλές και διαφορετικές αρμοδιότητες γεγονός που συνηγορεί στην ανάγκη αλλαγών προκειμένου να εφαρμόζονται όλες οι δυνατότητες του λογισμικού .

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Στο Παράρτημα επισυνάπτονται οι **Αναφορές** , τα **Data Sheet** και τα **διαγράμματα** όπως τυπώνονται από το λογισμικό .