

# ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Χ. ΠΟΛΑΤΟΓΛΟΥ<sup>+</sup>, Ν. ΣΚΟΥΛΙΔΗΣ<sup>+</sup>, Χ. ΜΗΤΣΑΣ\*

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ, ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΤΕΡΕΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ, Α.Π.Θ., 54124

\* Δ/ΝΣΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ, Ε.Ι.Μ., ΘΕΣ/ΝΙΚΗ 57022

Email: hariton@auth.gr, nskoulid@auth.gr, chris.mitsas@eim.org.gr

*Περίληψη: Παρουσιάζεται ο σχεδιασμός ενός αυτοματοποιημένου συστήματος καταγραφής και αποτίμησης μετρητικών αποτελεσμάτων για χρήση σε εργαστήρια διακριβώσεων και δοκιμών. Το σύστημα αποτελείται από επιμέρους διακριτά λειτουργικά τμήματα με σκοπό την: α) επικοινωνία με την συσκευή μέτρησης, β) καθοδήγηση του χειριστή για τα απαραίτητα βήματα πραγματοποίησης της μέτρησης, γ) αποθήκευση των μετρήσεων δ) επεξεργασία των μετρήσεων, ε) εκτίμηση της μετρητικής αβεβαιότητας, στ) εκτύπωση των αποτελεσμάτων σε δελτίο μετρήσεων και ζ) δυνατότητα μεταφοράς αποτελεσμάτων για την έκδοση πιστοποιητικού σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προτύπου ISO 17025. Η εφαρμογή του συστήματος έγινε στο εργαστήριο Μάζας του Ελληνικού Ινστιτούτου Μετρολογίας για τον προσδιορισμό μάζας με συγκριτική ζύγιση αλλά ο σχεδιασμός του λογισμικού είναι γενικός και εφαρμόζεται εξίσου αποτελεσματικά στην ανάκτηση και αποτίμηση μετρητικών δεδομένων από διάφορες μετρητικές διεργασίες.*

## 1. Εισαγωγή

Η δυνατότητα πραγματοποίησης αξιόπιστων μετρήσεων αποτελεί ένα από τα βασικά αντικείμενα της μετρολογίας με αντίκτυπο στην επιστήμη, στην παραγωγή και στον έλεγχο νομικών απαιτήσεων μετρητικών οργάνων [1]. Τόσο ο παράγοντας αξιοπιστία όσο και το κόστος επίτευξης και διατήρησής της εντός αποδεκτών ορίων ή προδιαγραφών τελικά διαμορφώνουν την ανταγωνιστικότητα ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας που διατίθενται στην αγορά. Σήμερα, ο τεράστιος αριθμός μετρήσεων που χρειάζονται για τον έλεγχο πολύπλοκων παραγωγικών διεργασιών καθιστούν την ισορροπία μεταξύ των παραγόντων αυτών όλο και δυσκολότερη. Ταυτόχρονα όμως, οι ραγδαίες εξελίξεις στην πληροφορική, τα υπολογιστικά συστήματα και τα ηλεκτρονικά αλλάζουν την μεθοδολογία της μέτρησης με κύριο χαρακτηριστικό την αυτοματοποίησή της. Είναι γεγονός πλέον ότι η αποτελεσματική αυτόματη καταγραφή και αποτίμηση μετρήσεων, πολλές φορές “just in time-JIT” αυξάνει την αξιοπιστία ενώ ταυτόχρονα μειώνει το παραγωγικό κόστος επιτρέποντας στην επιχείρηση να κάνει ορθολογικότερη χρήση των διαθέσιμων πόρων. Η παραπάνω διαπίστωση θα μπορούσε να έχει σημαντικό αντίκτυπο και στον χώρο των εργαστηρίων δοκιμών και διακριβώσεων. Η αυτοματοποίηση μιας διαδικασίας διακρίβωσης και η αποτίμηση των μετρητικών αποτελεσμάτων κάτω από τις κατάλληλες συνθήκες θα μπορούσε να είναι η ειδοποιός διαφορά που θα μετατρέψει μια επιχείρηση που «επιβιώνει» σε ένα υπόδειγμα κερδοφορίας.

Ένα από τα βασικά μεγέθη του συστήματος S.I. και ίσως ο «ακρογωνιαίος λίθος» όλων των μηχανικών μετρήσεων είναι το μέγεθος της Μάζας. Η μέτρηση της μάζας μέσω της ζύγισης αποτελεί ίσως το συνηθέστερο παράδειγμα μέτρησης που χρησιμοποιείτε για τον έλεγχο μιας μετρητικής διεργασίας υπεισέρχεται σε εκατοντάδες καθημερινές δραστηριότητες διάφορων τομέων. Η αξιόπιστη μέτρηση μάζας προϋποθέτει την χρήση

διακριβωμένων προτύπων βαρών που με την σειρά τους χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των ζυγιστικών διατάξεων. Η διακρίβωση ενός προτύπου βάρους απαιτεί με την σειρά της την χρήση ενός ή τον συνδυασμό κατάλληλων προτύπων βαρών αναφοράς και ενός ζυγού με γνωστά χαρακτηριστικά (γραμμικότητα, ευαισθησία, επαναληψιμότητα, υστέρηση) που χρησιμοποιείτε ως συγκριτής [2]. Σήμερα, σχεδόν όλοι οι συγκριτές μάζας είναι ηλεκτρονικοί ζυγοί γιατί συνδυάζουν την πολύ καλή συμπεριφορά, όσον αφορά τα παραπάνω χαρακτηριστικά, με το χαμηλό κόστος [3].

Από την άλλη πλευρά, η χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών, αρχικά σαν συμπληρωματικά εργαλεία, μπορεί να επιφέρει μία σημαντική αύξηση στην παραγωγική δυνατότητα ενός εργαστηρίου διακριβώσεων/μετρήσεων [4] και στην αξιοπιστία των παραγόμενων αποτελεσμάτων εκτελώντας τις περιφερειακές, εκτός ζύγισης, εργασίες ανάκτησης, υπολογισμών, παρουσίασης και «φιλικής» διασύνδεσης με τον εκάστοτε τεχνικό. Μια τάση, που τα τελευταία χρόνια εμφανίζεται όλο και περισσότερο, είναι να χρησιμοποιούνται οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές και στην ίδια τη διαδικασία της μέτρησης [5, 6]. Μέχρις στιγμής αυτό δεν σημαίνει υποχρεωτικά ότι οι υπολογιστές κάνουν τις μετρήσεις αλλά ότι συστηματοποιούν και διασφαλίζουν τις διαδικασίες των μετρήσεων [4], αυξάνοντας έτσι επιπλέον την παραγωγικότητα και την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται ένα λογισμικό ηλεκτρονικού υπολογιστή, που συστηματοποιεί τις διαδικασίες διακρίβωσης προτύπων βαρών. Είναι σχεδιασμένο για να υλοποιεί μετρήσεις με τη μέθοδο της ζύγισης με αντικατάσταση (substitution weighing- Borda method), ενώ οι ακολουθίες ζύγισης που υποστηρίζονται είναι της διπλής (RTTR) και απλής αντικατάστασης (RTR), δηλαδή της πραγματοποίησης κύκλων ζύγισης με σκοπό την εξάλειψη θερμοκρασιακών ολισθήσεων του ηλεκτρονικού συστήματος ζύγισης.

## 2. Περιγραφή του λογισμικού

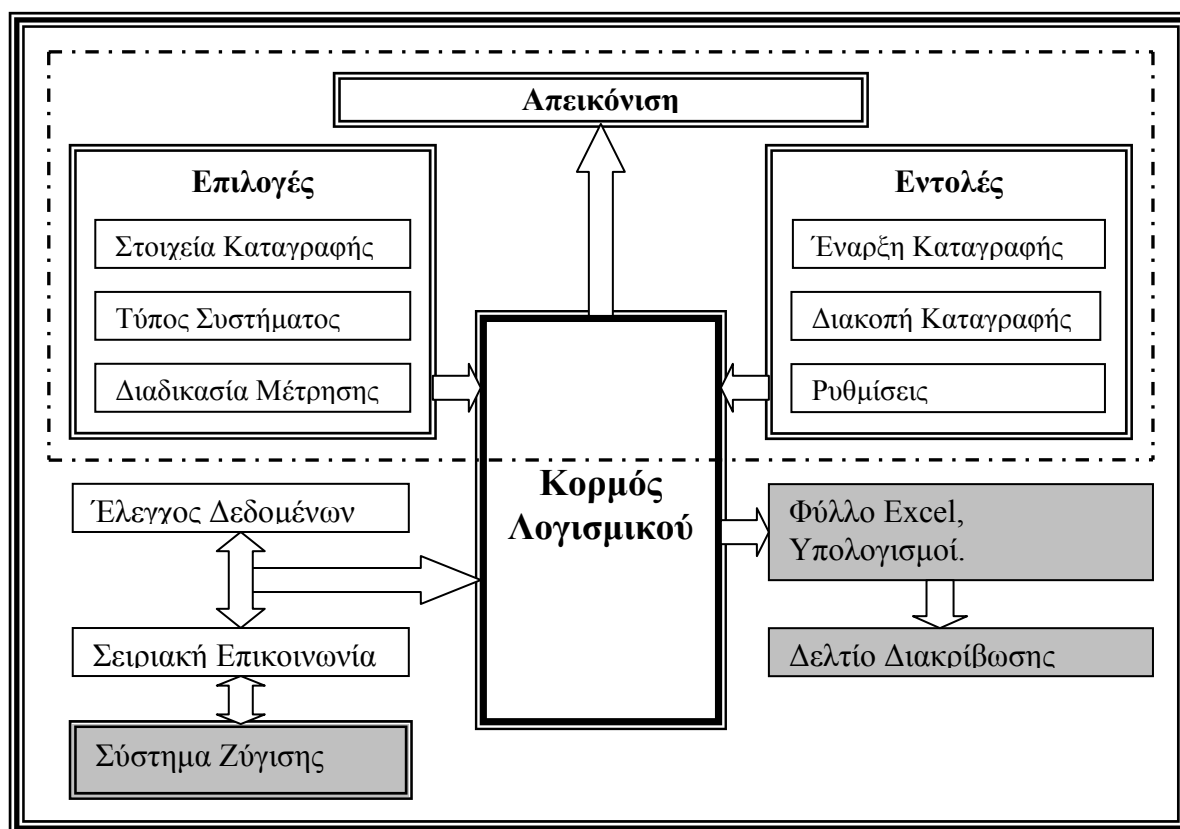
Όλο το λογισμικό χωρίζεται σε τρία επιμέρους λειτουργικά τμήματα όπως φαίνεται και το διάγραμμα της εικόνας 1. ήτοι: την επικοινωνία με το σύστημα ζύγισης, το κυρίως λογισμικό (όπως περικλείεται στη διακεκομμένη γραμμή στο σχήμα) και στους υπολογισμούς της αποτίμησης των αποτελεσμάτων και παραγωγή του δελτίου διακρίβωσης. Τα σκιασμένα τμήματα αποτελούν εξωτερικά στοιχεία του λογισμικού. Παρακάτω δίνουμε την περιγραφή του κάθε τμήματος χωριστά.

### 2.1 Επικοινωνία

Σχεδόν όλα τα συστήματα ζύγισης διαθέτουν σειριακή θύρα επικοινωνίας. Επομένως και το λογισμικό σχεδιάστηκε για να επικοινωνεί σειριακά με τις συσκευές ζύγισης. Το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται είναι το τυπικό RS232, καθόσον σχεδόν όλοι οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές γραφείου (desktop) διαθέτουν τέτοια θύρα. Για τους σύγχρονους φορητούς υπολογιστές που δεν διατίθενται πλέον με σειριακή θύρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί μετατροπέας του γενικευμένου σειριακού διαύλου σε σειριακή (USB σε RS232). Υπάρχει όμως η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν και άλλα σειριακά πρωτόκολλα, όπως RS422, αν αυτά υποστηρίζονται και από τις συσκευές ζύγισης. Όσον αφορά το λογισμικό μπορεί να δεχθεί οποιεσδήποτε ρυθμίσεις όσον αφορά το πρωτόκολλο της σειριακής επικοινωνίας, ταχύτητα, έλεγχος και τύπος ψηφίου ισοτιμίας (BAUD rate, Parity) κλπ. Έχει γίνει πρόβλεψη ελέγχου ύπαρξης επικοινωνίας με το σύστημα ζύγισης κατά την εκκίνηση του προγράμματος αλλά και καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας, καθώς και ελέγχου των δεδομένων που αποστέλλονται από το σύστημα

ζύγισης και διαχωρισμού των σε δεδομένα ζύγισης ή πληροφοριακά (όπως ημ/νία, ώρα, κλπ.). Σε κάθε περίπτωση ενημερώνεται ο χειριστής για τυχόν προβλήματα. Φυσικά η επικοινωνία είναι αμφίδρομη, ώστε να δίνονται και προς το σύστημα ζύγισης πληροφορίες και εντολές από το λογισμικό.

Στις εξορισμού ρυθμίσεις (default) που μπορούν να αλλαχθούν, αν αυτό είναι επιθυμητό, έχει γίνει προσαρμογή στον τύπο ζυγού των δοκιμών για την ανάπτυξη του λογισμικού. Οι ρυθμίσεις αυτές είναι οι συνήθως χρησιμοποιούμενες σε ζυγιστικά συστήματα.



Εικόνα 1. Διάγραμμα λειτουργίας αυτοματοποιημένου συστήματος καταγραφής και αποτίμησης μετρητικών αποτελεσμάτων.

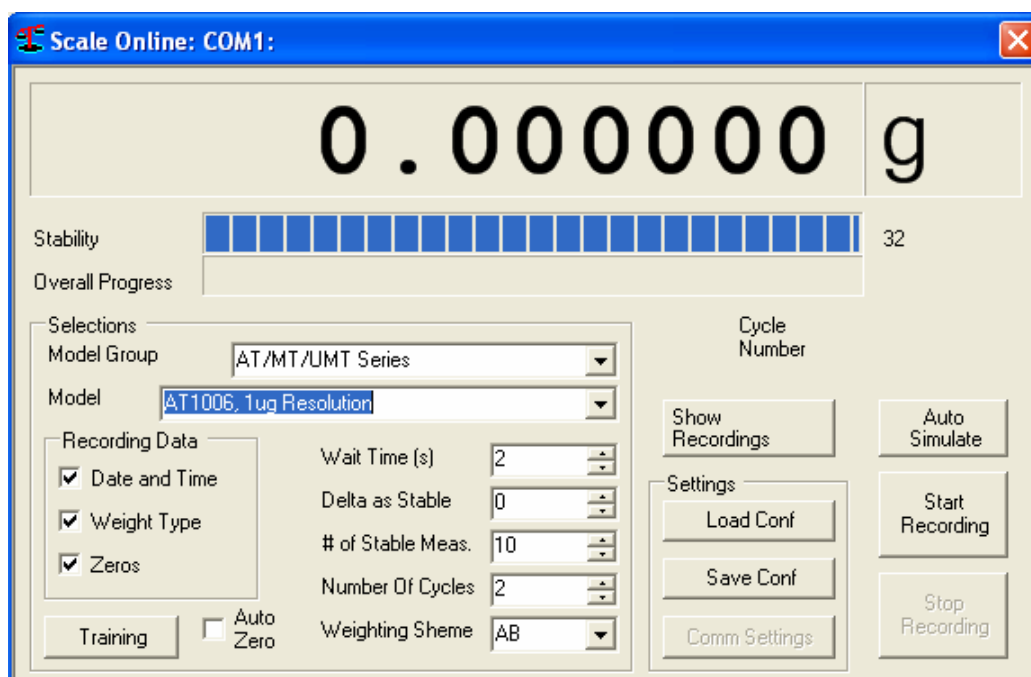
## 2.2 Περιγραφή του κυρίως λογισμικού

Η όλη σχεδίαση βασίστηκε σε παραθυρικό περιβάλλον έτσι ώστε να είναι δυνατή η εκτέλεση του στους περισσότερους χρησιμοποιούμενους σήμερα υπολογιστές, να υπάρχει η απαιτούμενη διαδραστικότητα μεταξύ χρήστη και υπολογιστή και να είναι ευχερέστερη και πιο ευχάριστη η χρήση του. Αναπτύχθηκε στο Visual Studio .NET περιβάλλον της Microsoft, και σε γλώσσα Visual C#. Για την όλη φιλοσοφία λειτουργίας του πάρθηκε υπόψη η πολύχρονη εμπειρία ανθρώπων που ασχολούνται με μετρολογικά θέματα.

Με το σχεδιασθέν λογισμικό δίνεται η δυνατότητα λήψης μετρήσεων και καταγραφής από συστήματα ζύγισης με τη βοήθεια ή / και την καθοδήγηση από τον υπολογιστή. Στο «παράθυρο» της εφαρμογής εμφανίζονται σχεδόν όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την πραγματοποίηση μετρήσεων στα πλαίσια διακρίβωσης. Ποιο συγκεκριμένα, μπορούμε να χωρίσουμε το όλο περιβάλλον σε τρία τμήματα: των ενδείξεων, των επιλογών και των εντολών. Στην εικόνα 2 φαίνεται ένα στιγμιότυπο του λογισμικού κατά την εκτέλεσή του.

### 2.2.1 Ενδείξεις

Στις ενδείξεις υπάρχει φυσικά με μεγάλους χαρακτήρες η ένδειξη της στιγμιαίας μέτρησης και της μονάδας μέτρησης. Για να βοηθείται ο χρήστης το χρώμα αυτής της ένδειξης γίνεται κόκκινο όταν η ένδειξη δεν είναι ασφαλής (σύμφωνα με τις επιλογές) και μαύρη όταν είναι ασφαλής. Επίσης υπάρχουν δύο μετρητές κατάστασης / προόδου. Ο ένας δείχνει την κατάσταση σταθερότητας του συστήματος ζύγισης που αποτιμάται είτε από τα στοιχεία που στέλνει το σύστημα ζύγισης είτε από το ίδιο το λογισμικό. Όταν συμπληρωθεί αυτός ο μετρητής προόδου, η μέτρηση κρίνεται πλέον ασφαλής, ενώ μηδενίζεται όταν το σύστημα ζύγισης αναφέρει αστάθεια ή όταν, σύμφωνα με τις επιλογές, το λογισμικό θεωρήσει αστάθεια στη μέτρηση. Ο δεύτερος μετρητής προόδου δείχνει την πρόοδο της όλης διαδικασίας μέτρησης. Τέλος υπάρχει και αριθμητική ένδειξη του τρέχοντος κύκλου μέτρησης.



Εικόνα 2. Στιγμιότυπο του λογισμικού κατά την ζύγιση.

### 2.2.2 Επιλογές

Και αυτό το τμήμα χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες επιλογών που αφορούν: την επιλογή του συστήματος ζύγισης, τον τρόπο καταγραφής των δεδομένων, και την διαδικασία μέτρησης.

Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει το σύστημα ζύγισης που χρησιμοποιεί από έναν ομαδοποιημένο κατάλογο τύπων. Η ομαδοποίηση, στην παρούσα φάση σχεδιασμού έγινε ανάλογα με την διακριτική ικανότητα των συστημάτων ζύγισης. Η επιλογή του σωστού τύπου συστήματος ζύγισης είναι απαραίτητη, και προσαρμόζει κάποιες βασικές ρυθμίσεις του λογισμικού (ένδειξης, καταγραφής κλπ) ώστε να ανταποκρίνονται και στις πραγματικές δυνατότητες του συστήματος ζύγισης. Στις υποομάδες βρίσκονται συστήματα ζύγισης με παρόμοια χαρακτηριστικά.

Στις επιλογές καταγραφής, δίνεται η δυνατότητα να επιλέξει ο χρήστης τα στοιχεία που θέλει να καταγραφούν, ανάλογα με τις ανάγκες της διαδικασίας μέτρησης.

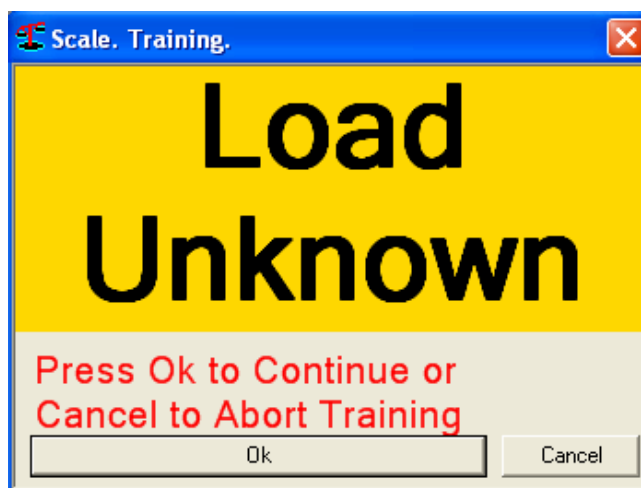
Τέλος, στις επιλογές της διαδικασίας μέτρησης μπορούν να επιλεγούν οι συνθήκες σταθερότητας μέτρησης, το μετρητικό σχήμα και το σύνολο των κύκλων μέτρησης που πρόκειται να ληφθούν.

### 2.2.3 Εντολές

Μία ομάδα των εντολών είναι αυτή που αφορά στις ρυθμίσεις του λογισμικού. Οι όποιες επιλογές γίνουν σε σχέση με την επικοινωνία με τον υπολογιστή, στην διαδικασία μέτρησης ή στην καταγραφή μπορούν να σωθούν και να ανακτηθούν για την εκτέλεση μετρήσεων σε μέλλοντα χρόνο. Οι βασικές εντολές είναι αυτές της εκκίνησης και της λήξης της διαδικασίας μέτρησης και καταγραφής. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα χειροκίνητης έναρξης της εκπαίδευσης του λογισμικού για τις επόμενες μετρήσεις. Αν δεν εκτελεσθεί αυτή η διαδικασία τότε θα ζητηθεί κατά την έναρξη των μετρήσεων.

### 3. Διαδικασία

Η διαδικασία εκπαίδευσης του λογισμικού περιλαμβάνει ένα κύκλο μετρήσεων των βαρών αναφοράς και υπό διακρίβωση, ώστε να είναι σε θέση το λογισμικό να δίνει τις ορθές προτροπές στο χειριστή. Αν δεν έχει εκτελεσθεί η διαδικασία εκπαίδευσης του λογισμικού από τον χρήστη τότε αυτή ζητείται αμέσως μετά την εκκίνηση μέτρησης – καταγραφής.



Εικόνα 3. Στιγμιότυπο μιας προτροπής για την τοποθέτηση σταθμών κατά τη διαδικασία εκπαίδευσης.

Κατά την εκτέλεση ενός κύκλου μετρήσεων ζητείται κάθε φορά από τον χρήστη η αφαίρεση ή η τοποθέτηση στο σύστημα ζύγισης των κατάλληλων βαρών. Εφόσον έχει προηγηθεί η εκπαίδευση του λογισμικού, η διαδικασία καταγραφής εξελίσσεται χωρίς την περαιτέρω παρέμβαση του χρήστη μέσω του υπολογιστή, κατόπιν της εκτέλεσης της ζητούμενης τοποθέτησης ή αφαίρεσης βαρών στο σύστημα ζύγισης. Στην εικόνα 3 φαίνεται μια τέτοια προτροπή όπως εμφανίζεται στη διαδικασία εκπαίδευσης. Για όλες τις προτροπές που εμφανίζονται στην οθόνη έχει προνοηθεί η χρήση διαφορετικού χρώματος ή μεγέθους, ανάλογα με το ζητούμενο, ώστε να είναι δυνατή η κατανόηση τους ακόμη και όταν ο χρήστης βρίσκεται μακριά από τον υπολογιστή όταν η ανάγνωση των μηνυμάτων γίνεται δύσκολη.

Για τη χρονική εξέλιξη των μετρήσεων, λαμβάνονται υπόψη η σταθερότητα της μέτρησης και ο ελάχιστος χρόνος αναμονής πριν τη λήψη της μέτρησης, όπως αυτός έχει προεπιλεγεί. Για την σταθερότητα της μέτρησης λαμβάνεται υπόψη η ίδια η μέτρηση όπως μεταδίδεται από το σύστημα ζύγισης και οι επιλογές του λογισμικού. Σημειώνεται εδώ ότι δεν είναι πια απαραίτητη η επέμβαση στις ρυθμίσεις του ζυγιστικού συστήματος.

Εφόσον και οι δυο προϋποθέσεις, σταθερότητας και ελάχιστου χρόνου, τηρούνται τότε η μέτρηση θεωρείται ασφαλής και καταγράφεται.

Η διαδικασία επαναλαμβάνεται όσες φορές έχει ως αριθμός κύκλων στην ακολουθία ζύγισης. Ο κάθε κύκλος περιλαμβάνει ζύγιση του βάρους αναφοράς, των προς διακρίβωση βαρών και του ενδιάμεσου μηδενισμού του συστήματος ζύγισης. Η διαδοχή της ζύγισης επιλέγεται από ένα σύνολο προκαθορισμένων σχημάτων, που είναι συμβατά τόσο με την σύσταση OILM R111 [7] όσο και με την τεχνική οδηγία του EIM MM-MA-02a [8], και φαίνονται στον πίνακα 1.

**Πίνακας 1. Ελάχιστος αριθμός κύκλων ανά τάξη ακρίβειας και είδος κύκλου.**

Τάξη ακρίβειας	E1	E2	F1	F2	M1-M3
Ελάχιστος αριθμός κύκλων RTTR	3	2	1	1	-
Ελάχιστος αριθμός κύκλων RTR	5	3	2	1	1

#### 4. Καταγραφή

Η καταγραφή γίνεται αρχικά σε ένα αρχείο κειμένου σε στήλες. Τα στοιχεία που καταγράφονται είναι τουλάχιστον: ο αύξων αριθμός κύκλου μέτρησης, η τιμή της μέτρησης και η μονάδα μέτρησης. Ανάλογα με τις επιλογές καταγραφής, μπορεί να καταγραφεί η χρονική στιγμή της μέτρησης (τοπικός χρόνος υπολογιστή) και ο τύπος των βαρών. Αν έχει επιλεγεί κάποιο σχήμα μέτρησης που περιλαμβάνει και λήψεις τιμών όταν στο σύστημα ζύγισης δεν είναι τοποθετημένα τα βάρη, τότε υπάρχει η κατ' επιλογή δυνατότητα καταγραφής και αυτών των μετρήσεων. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα ταυτόχρονης καταγραφής και των περιβαλλοντολογικών συνθηκών (θερμοκρασίας χώρου, σχετικής υγρασίας και ατμοσφαιρικής πίεσης) όταν συνδεθούν στον υπολογιστή τα κατάλληλα αισθητήρια. Σε αυτή την περίπτωση ο υπολογισμός της πυκνότητας του αέρα είναι σχεδόν άμεσος. Έχει προβλεφθεί επίσης και η ταυτόχρονη εμφάνιση των καταγραφόμενων στοιχείων για γρήγορη αποτίμηση των δεδομένων της διαδικασίας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, που εξαρτώνται από τις επιλογές (καταγραφής ή και διαδικασίας) γίνεται και αυτόματη ενημέρωση ενός προσχεδιασμένου φύλλου Excel, όπου γίνονται οι απαραίτητοι υπολογισμοί και έλεγχοι για την δημιουργία και εκτύπωση δελτίου διακρίβωσης. Στον πίνακα 2 φαίνεται ένα δείγμα αρχείου καταγραφής.

**Πίνακας 2. Δείγμα στοιχείων καταγραφής.**

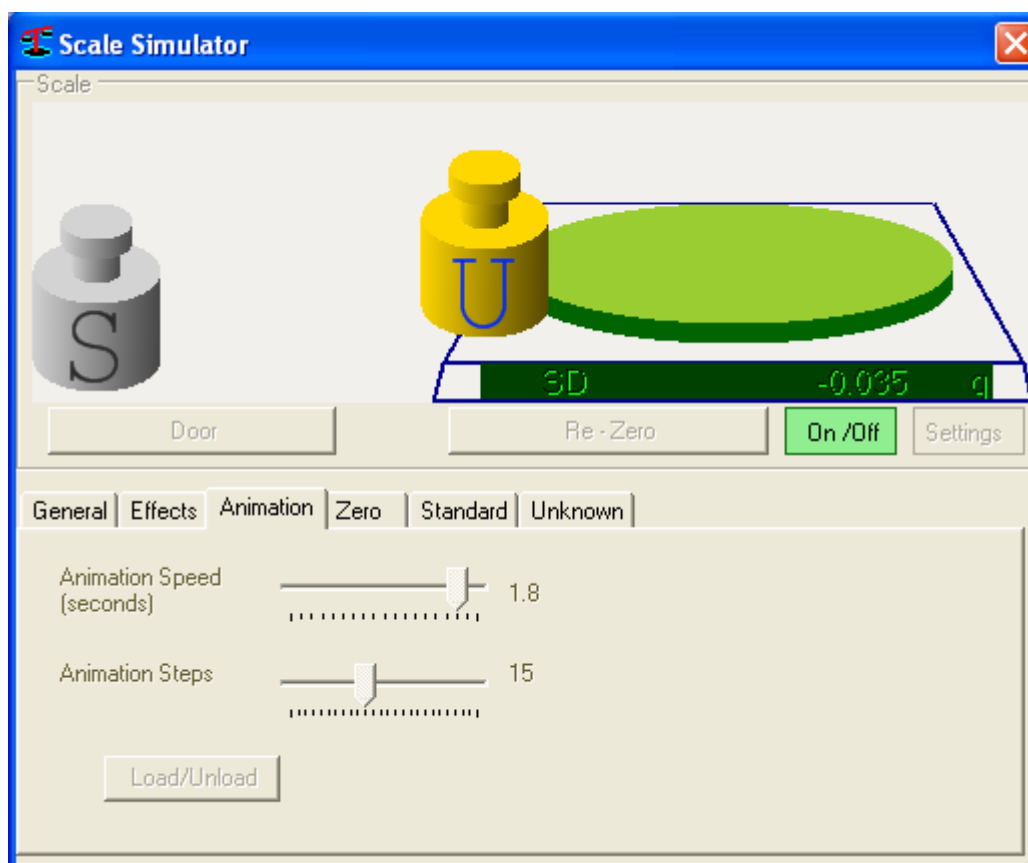
Cycle	Date	Time	Weight Type	Weight	Units
1	30/9/2005	9:29:14	Standard	99.999	g
1	30/9/2005	9:29:39	Unknown	100.000	g
1	30/9/2005	9:30:03	Standard	99.999	g
2	30/9/2005	9:30:27	Standard	99.998	g
2	30/9/2005	9:30:51	Unknown	99.999	g
2	30/9/2005	9:31:15	Standard	99.998	g

#### 5. Βοηθητικά Στοιχεία

Το λογισμικό περιλαμβάνει ένα προσομοιωτή ζυγού που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκπαίδευση προσωπικού στην συγκεκριμένη διαδικασία συγκριτικής ζύγισης. Προς το παρόν προσομοιώνεται μια ομάδα τύπων ζυγών με δυνατότητα επέκτασης και ένταξης και άλλων τύπων. Τα στοιχεία που προσομοιώνονται, όσον αφορά το ζυγό, είναι τα στοιχεία χειρισμού (προστατευτικά καλύμματα, πλήκτρα εντολών) και λειτουργικά στοιχεία. Στα τελευταία έχουν συμπεριληφθεί επιδράσεις, βάσει των προδιαγραφών

λειτουργίας των συγκεκριμένων τύπων ζυγών, όπως η εξάρτηση της μέτρησης από τη θέση τοποθέτησης των βαρών στο δίσκο του ζυγού, η επίδραση των κραδασμών στις μετρήσεις, η εξάρτηση των μετρήσεων από περιβαλλοντικές συνθήκες (θερμοκρασία, σχετική υγρασία). Επίσης προσομοιώνονται και στοιχεία του χειριστή καθώς και στοιχεία των βαρών.

Στην εικόνα 4 φαίνεται ένα στιγμιότυπο του προσομοιωτή κατά τη διάρκεια τοποθέτησης βαρών στο δίσκο. Με τον προσομοιωτή μπορεί να γίνει εκπαίδευση στη χρήση του λογισμικού αλλά και εξοικείωση στις διαδικασίες χρήσης του ζυγού.



Εικόνα 4. Στιγμιότυπο του προσομοιωτή κατά τη διαδικασία αυτόματης τοποθέτησης σταθμών στο δίσκο και με αναπτυγμένη τη φόρμα ρυθμίσεων.

## 6. Αποτίμηση της αβεβαιότητας

Για την εκτίμηση της αβεβαιότητας του αποτελέσματος της συγκριτικής ζύγισης ακολουθείται η ενδεδειγμένη μεθοδολογία [9, 10]. Η συνδυασμένη τυπική αβεβαιότητα  $u_{\text{comb}}(m_t)$  της μάζας ή της συμβατικής τιμής μάζας  $u_{\text{comb}}(m_{\text{ct}})$  του προτύπου δοκιμής, περιλαμβάνει όλους τους παράγοντες που επιδρούν στη μέτρηση [8], λαμβάνοντας υπόψη:

- την διαδικασία ζύγισης (αβεβαιότητα τύπου A).
- το πρότυπο αναφοράς (αβεβαιότητα τύπου B).
- την επίδραση της άνωσης του αέρα (αβεβαιότητα τύπου B).
- τον ζυγό, όπου συνυπολογίζονται οι αβεβαιότητες λόγω ευαισθησίας, διακριτικής ικανότητας, έκκεντρης φόρτισης (αβεβαιότητα τύπου B).

Από τον υπολογισμό των δραστικών βαθμών ελευθερίας εκτιμάται ο συντελεστή κάλυψης (coverage factor) για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και η διευρυμένη αβεβαιότητα.

## 7. Συμπεράσματα

Η χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών τα μέγιστα στην αξιοπιστία και στη αποτελεσματικότητα μιας μετρητικής διεργασίας παρέχοντας ταχεία καταγραφή και αποτίμηση αβεβαιοτήτων αρχικά σαν μέρος μιας μετρητικής συσκευής, κάνοντάς την περισσότερο λειτουργική, σταθερή και προβλέψιμη, αλλά και σαν συμπληρωματικό εργαλείο για την διασφάλιση της λήψης, καταγραφής και επεξεργασίας των μετρητικών αποτελεσμάτων. Με το παρόν λογισμικό εξασφαλίζεται η διασυνδεσιμότητα σχεδόν οποιουδήποτε ηλεκτρονικού υπολογιστή με τους περισσότερους ζυγούς, και επιπλέον και η σταθερότητα της διαδικασίας ποιοτικά (είδος βήματος) και ποσοτικά (συγκεκριμένη χρονική διαδοχή), οδηγώντας τον χειριστή με προεπιλεγμένα βήματα, σε ελαχιστοποίηση των αβεβαιοτήτων από εξωτερικές πηγές που μπορεί να αυξήσουν την μεταβλητότητα της διεργασίας. Επιπλέον η αυτόματη καταγραφή των αποτελεσμάτων των μετρήσεων διασφαλίζει την διαδικασία και αποκλείει την περίπτωση σφαλμάτων που μπορεί να προέλθουν από παράγοντες μεταφοράς των μετρήσεων ταυτόχρονα επιταχύνοντάς την αφού οι απαραίτητοι έλεγχοι μειώνονται στο ελάχιστο. Εξοικονομείται χρόνος και διαθέσιμοι πόροι ώστε να μπορούν να διατεθούν στην βελτιστοποίηση της ίδιας της διαδικασίας. Επιπλέον, η εξοικείωση και εκπαίδευση των τεχνικών μπορεί να γίνει με χρήση του προσομοιωτή ζύγισης του λογισμικού σε ένα εικονικό περιβάλλον χωρίς τη δέσμευση ενός πραγματικού οργάνου, μειώνοντας τον νεκρό χρόνο και αποφεύγοντας τα ενδεχόμενα βλαβών που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την παραγωγική διαδικασία.

## Βιβλιογραφία.

- [1] G. E. Schneiders, J. C. Brown, J Manalo, “*Metrology: A tool and approach to ensure data quality*”, Capturing And Reporting Electronic Data Acs Symposium Series, 824: 98-108, 2002.
- [2] R. Schwartz, “*Guide to mass determination with high accuracy*”, PTB-Bericht MA-40, 1995.
- [3] W. J. BECKER, P. SIEBERT, “*Electromechanical Balance Using Model Based Measurement*”, TECHNISCHES MESSEN, 58 (5): 202-208, 1991.
- [4] J.P. Clark, J. Jones, “*Automated Mass Calibration and Measurement Control Program*”, Proceedings Measurement Science Conference 2003, Jan. 16-17 2003.
- [5] W. N. Hubin, “*A course in computer-based data acquisition*”, American Journal of Physics, 70 (1): 80-85, JAN 2002.
- [6] E. S. Gadelmawla, “*A novel system for automatic measurement and inspection of parallel screw threads*”, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B- Journal of Engineering Manufacture 218 (5): 545-556, MAY 2004.
- [7] OIML R-111 “*Weights of classes E1, E2, F1, F2, M1, M2, M3*”, 1994.
- [8] X. Μήτσας, «*Προσδιορισμός Μάζας και Διακρίβωση Προτύπων Βαρών*», Τεχνική Οδηγία EIM-MM-MA-02α, 2003.
- [9] ISO “*Guide to the expression of uncertainty in measurement*”, 2<sup>nd</sup> ed., 1995.
- [10] EA-4/02 “*Expression of the uncertainty of measurement and calibration*”, 1999.