

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΜΕ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΕΞΙ ΣΙΓΜΑ



ΣΤΑΜΑΤΕΛΟΥ ΧΡΥΣΗ, ΑΜ 6033

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ, ΜΑΙΟΣ 2016

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας γίνεται μια ανασκόπηση στη θεωρία της πολιτικής Ποιότητας, στις νέες μεθόδους «Έξι Σίγμα» Σίγμα (6σ) και αναλύονται πραγματικά δεδομένα μιας βιομηχανικής γραμμής παραγωγής. Σκοπός είναι η εφαρμογή των στατιστικών εργαλείων «Έξι Σίγμα» για την βελτιστοποίηση της παραγωγής ενός προϊόντος.

Το ενδιαφέρον για το θέμα προέκυψε μετά την εκπόνηση της πρακτικής μου άσκησης σε Βιομηχανία Παραγωγής όπου και ανακάλυψα πρακτικά την σημασία του Ποιοτικού Ελέγχου στο τελικό προϊόν. Σε μια γραμμή παραγωγής όπου παράγει δεκάδες χιλιάδες προϊόντα καθημερινά συχνά υπάρχουν «κρυφά σημεία» στην διεργασία τα οποία δεν επιτρέπουν να εκμεταλλευτούμε το μέγιστο της απόδοσης των μηχανημάτων μας. Γίνεται μια ανάλυση σε πραγματικά δεδομένα της γραμμής παραγωγής σε μια προσπάθεια να συσχετίσουμε μεγέθη που δεν έχουν μέχρι τώρα συσχετιστεί με την διεργασία και το τελικό της αποτέλεσμα. Τα δεδομένα λόγω εχεμύθειας δεν θα παρουσιαστούν με το όνομά τους.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή μου κ. Γεώργιο Γιαννόπουλο καθώς ήταν το δικό του μάθημα στο οποίο γνώρισα την έννοια του Ποιοτικού Ελέγχου και την σημασία της ποιότητας στην γραμμή παραγωγής. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Σμυρνιατάκη Κωνσταντίνο με τον οποίο συνεργάστηκα κατά την πρακτική μου άσκηση και με παρότρυνε να ασχοληθώ με αυτό το θέμα. Εκτιμώ τον προσωπικό χρόνο που διέθεσε για αυτήν την εργασία καθώς και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την εταιρεία της οποίας τα δεδομένα έχω χρησιμοποιήσει ώστε να πραγματοποιήσω το κομμάτι της εφαρμογής της μεθοδολογίας.

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος σπουδαστής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο σπουδαστής (Ονοματεπώνυμο)
..... (Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο στόχος της πτυχιακής εργασίας είναι να εφαρμοστεί από την οπτική ενός μηχανικού η μεθοδολογία «Έξι Σίγμα». Μέσα από την ιστορία των πολιτικών ποιότητας συχνά ο ρόλος του μηχανικού απομακρύνονταν από το τμήμα ποιότητας και έμοιαζε να πρόκειται για δύο διαφορετικές αρμοδιότητες. Στην πραγματικότητα όμως η δουλειά του μηχανικού είναι άμεσα συνδεδεμένη, όχι μόνο με το κομμάτι της ποιότητας αλλά κυρίως με τον έλεγχο της διεργασίας καθώς αυτός κατέχει γνώση αυτής.

Στην εργασία αυτή γίνεται μια αναφορά στις πολιτικές ποιότητας, και αναλύονται οι πιο πρόσφατες μεθοδολογίες που εφαρμόζονται στον χώρο της βιομηχανίας.

Αρχικά γίνεται ιστορική αναδρομή στην Διοίκηση Ολικής Ποιότητας, έπειτα γίνεται μια αναφορά στα Συστήματα Διασφάλισης Ποιότητας ISO και τέλος αναλύεται η μεθοδολογία «Έξι Σίγμα». Τα εργαλεία που αναφέρονται θεωρητικά, εφαρμόζονται πρακτικά στο Δεύτερο Κεφάλαιο της εργασίας. Χρησιμοποιώντας πραγματικά δεδομένα παραγωγής εφαρμόζουμε την μεθοδολογία σε μια προσπάθεια να βελτιώσουμε την διεργασία και να μειώσουμε την μεταβλητότητα της.

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν είναι ικανοποιητικά καθώς μετά από την ανάλυση των εισόδων και των εξόδων της γραμμής μπορούμε πλέον να δημιουργήσουμε ένα σταθερό μοντέλο για την διεργασία. Μέσω της μεθοδολογίας «Έξι Σίγμα» εντοπίζουμε λάθη που έγιναν στο διάστημα των παρατηρήσεων και προτείνουμε λύσεις. Η ανάλυση που έγινε στην πτυχιακή δίνει επιπλέον την ικανότητα της πρόβλεψης των εξόδων της διεργασίας(Forecasting).

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	iv
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	vi
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	viii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	2
1.1 Διοίκηση Ολικής Ποιότητας.....	2
1.2 Η πολιτική ποιότητας ISO 9000	6
1.3 Η πολιτική Ποιότητας Έξι Σίγμα (6σ).....	10
1.4 Η μεθοδολογία «Έξι Σίγμα».....	13
1.5 Σύστημα ζωνών ικανότητας.....	16
1.6 Στατιστικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται στην Μεθοδολογία «Έξι Σίγμα».....	17
1.7 Ομοιότητες και διαφορές ΔΟΠ και «Έξι Σίγμα»	25
2. ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	29
2.1 Ανάλυση Δεδομένων	29
2.2 Ανάλυση συνολικού δείγματος Εξαρτημένης Μεταβλητής Α.....	33
2.3 Ανάλυση Γραμμικής Συσχέτισης Εξαρτημένων και Ανεξάρτητων Μεταβλητών.....	54
2.4 Ανάλυση συνολικού Δείγματος Τελικού Δείκτη Α.....	62
2.5 Ανάλυση Πολλαπλής Συσχέτισης Ανεξάρτητων και Εξαρτημένων Μεταβλητών με τον Τελικό Δείκτη Απόδοσης	65
2.6 Συσχέτιση Εξαρτημένων και Ανεξάρτητων Μεταβλητών με τον Τελικό δείκτη	69
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	72
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	73

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όλοι έχουμε έρθει αντιμέτωποι με θέματα ποιότητας στα προϊόντα ή τις υπηρεσίες που λαμβάνουμε καθημερινά. Σαν πελάτες/αγοραστές έχουμε την απαίτηση ο κατασκευαστής του προϊόντος ή ο πάροχος των υπηρεσιών να μας παρέχει το καλύτερο δυνατόν προϊόν, που θα καλύπτει τις ανάγκες μας και θα ανταπεξέρχεται στις προδιαγραφές του. Κάπως έτσι απλά ορίζεται η ποιότητα στα αρχικά της στάδια, αλλά με λίγο περαιτέρω ανάλυση διακρίνεται ότι οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα είναι πολλοί και χρειάζεται εξειδίκευση και εμπειρία για να αναγνωριστούν.

Λόγω της δυσκολίας όχι μόνο να επιτευχθεί η ποιότητα αλλά να διατηρηθεί έχουν αναπτυχθεί πολιτικές ποιότητας. Στόχος των πολιτικών ποιότητας είναι να ερευνηθούν και να εξαλείψουν τα αίτια πίσω από τα ελαττώματα προϊόντων και υπηρεσιών διατηρώντας το κόστος της επιχείρησης βιώσιμο.

Μετά την παραγωγή κάθε προϊόντος και πριν την παράδοση του στον πελάτη γινόταν ανέκαθεν έλεγχος του προϊόντος παραγωγής ως προς τις προδιαγραφές και τα χαρακτηριστικά του. Αυτό σήμαινε ότι το 100% των προϊόντων ελέγχονταν. Με την ανάπτυξη της μαζικής παραγωγής προϊόντων και την άνθιση των βιομηχανιών, ο όγκος των παραγόμενων προϊόντων ήταν πολύ μεγάλος. Αυτό κατέστησε αδύνατη την εφαρμογή του 100% ελέγχου δημιουργώντας έτσι την ανάγκη για εύρεση εναλλακτικών μεθόδων των παραγόμενων προϊόντων.

Η αρχή έγινε με τη χρήση της Δειγματοληψίας η οποία έθεσε την πρώτη έννοια της χρήσης στατιστικής στον έλεγχο της ποιότητας. Έτσι αντί να εξεταστούν όλα τα προϊόντα ως προς την ορθότητα στις προδιαγραφές εξετάζονταν ένα δείγμα αυτών. Αυτό εξασφάλιζε ότι η παρτίδα(προϊόντα που φτιάχτηκαν κάτω από τις ίδιες συνθήκες, τα ίδια μηχανήματα και τους ίδιους χειριστές μηχανημάτων) ήταν εντός προδιαγραφών άρα και προωθούνταν στην αγορά. Η μέθοδος της Δειγματοληψίας ήταν μια επιτυχημένη ιδέα για το χώρο της βιομηχανίας. Το βασικό υστέρημα όμως ήταν ότι δεν είχε καμία πρόληψη της κατασκευής των ελαττωματικών. Θεωρητικά η γραμμή παραγωγής θα μπορούσε να παράγει μόνο ελαττωματικά τα οποία εμείς μετά θα απορρίπταμε ως σκάρτα. Έτσι υπήρχε σπατάλη πόρων και πρώτων υλών χωρίς να παράγεται κέρδος.

Λόγω του παραπάνω πλέον η ποιότητα έχει συνδεθεί με την πρόληψη παραγωγής σκάρτων και τη βελτίωση όλων των παραμέτρων πριν φτάσουμε στο τελικό προϊόν. Ελέγχοντας τα επιμέρους κομμάτια της διαδικασίας και όχι μόνο το αποτέλεσμα πολλές εταιρείες αύξησαν τα κέρδη τους και μείωσαν το κόστος παραγωγής σκάρτων προϊόντων.

1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

1.1 Διοίκηση Ολικής Ποιότητας

Η έννοια της ποιότητας πλέον έχει μεταβεί στο στάδιο της πρόληψης των προβλημάτων, στη διαδικασία. Δεν φτάνει απλώς να βρίσκουμε κάποιο ελαττωματικό προϊόν ή υπηρεσία μετά την κατασκευή τους, είναι απαραίτητο να προλαμβάνουμε τα προβλήματα πριν δημιουργηθούν, έτσι μόνο μπορεί να επιτευχθεί η συνεχής βελτίωση. Τα συστήματα διασφάλισης ποιότητας περιλαμβάνουν την χρήση συγκεκριμένων εργαλείων του ελέγχου ποιότητας, του στατιστικού ελέγχου διαδικασιών, για την πρόληψη και περιορισμό των πηγών που μπορεί να προκαλέσουν απόκλιση των προϊόντων από τις προκαθορισμένες προδιαγραφές.

Ξεκίνησε έτσι μια προσπάθεια μείωσης των προϊόντων που βρίσκονταν εκτός προδιαγραφών, των σκάρτων ,δηλαδή, προϊόντων καθώς και κατανόησης παραγωγικής διαδικασίας. Η προσπάθεια αυτή εφαρμόστηκε πρακτικά στην βιομηχανική ανάπτυξη της Ιαπωνίας και είναι το πρώτο στάδιο σε αυτό που σήμερα αποκαλούμε Διοίκηση Ολικής Ποιότητας.

Καθώς οι απαιτήσεις της αγοράς αυξάνονταν, αυξήθηκε και η ανάγκη ελέγχου του τελικού προϊόντος ώστε να ικανοποιεί τον πελάτη. Πολλοί μηχανικοί έκαναν προσπάθειες βελτίωσης ποιότητας, πρώτο δείγμα ήταν ο Shewhart ο οποίος εργαζόταν ως μηχανικός στο εργοστάσιο Bell στην Αμερική και ήταν επικεφαλής μιας ερευνητικής ομάδας που προσπαθούσε να κάνει τη λειτουργία των τηλεφώνων περισσότερο αξιόπιστη. Για το σκοπό αυτό ο Shewhart ανέπτυξε μια μεθοδολογία με στόχο να βελτιώσει την απόδοση του εργάτη και την παραγωγή, προσδιορίζοντας ταυτόχρονα τα αποδεκτά όρια μεταβολών για τα παραγόμενα προϊόντα. Την εργασία αυτή παρουσίασε γραφικά σ' ένα διάγραμμα το οποίο ονόμασε διάγραμμα στατιστικού ελέγχου (Statistical Control Chart). Παράλληλα, διατύπωσε μια κυκλική διαδικασία τριών βημάτων που είχε ως στόχο να βελτιώσει την ποιότητα των προϊόντων στην παραγωγή. Τα βήματα αυτά ήταν η Διατύπωση προδιαγραφών (Specifications) , η Παραγωγή (Production) και η Επιθεώρηση (Inspection).

Από την άλλη πλευρά του Ειρηνικού η Ιαπωνία είχε έρθει σε επαφή με τα πρώτα Βρετανικά Πρότυπα Ποιότητας πριν από τον πόλεμο τα οποία μεταφράστηκαν κατά την διάρκεια του. Μετά το τέλος του πολέμου και αφού η οικονομία της χώρας είχε διαλυθεί,

εγκαταστάθηκε στο Ιαπωνικό έδαφος ο αμερικάνικος στρατός ο οποίος και εισήγαγε την χρήση του σύγχρονου ελέγχου ποιότητας ώστε να βελτιώσουν την ποιότητα των τηλεφωνικών γραμμών. Αυτή ήταν η αρχή του στατιστικού ελέγχου στην Ιαπωνία τον Μάιο του 1946.

Έπειτα από αυτό το ξεκίνημα, οι στατιστικές μέθοδοι αρχίζουν να εφαρμόζονται ευρέως στην βιομηχανία. Δύο επιστήμονες με γνώση της βιομηχανίας και στατιστικής μετέβησαν στην Ιαπωνία με σκοπό να αναλύσουν την διαδικασία παραγωγής των προϊόντων και να μορφώσουν το προσωπικό σχετικά με τις νέες μεθόδους παραγωγής και τον έλεγχό τους. Οι πρωτεργάτες αυτού του εγχειρήματος θεωρούνται οι W. Edwards Deming και ο Joseph M. Juran. Στον στόχο τους για την βελτίωση της παραγωγικότητας εφάρμοσαν στατιστικά εργαλεία στην αξιολόγηση της παραγωγής αλλά και των διαδικασιών μέσα στην λειτουργία της εταιρείας. Ήταν οι πρώτοι επίσης που έδωσαν βάση στην εξειδίκευση του προσωπικού και στην εκπαίδευση των μάνατζερ. Πίστευαν ότι το εγχείρημα τους δεν θα έβρισκε ανταπόκριση αν δεν υπήρχε υποστήριξη από τα υψηλόβαθμα στελέχη των εταιρειών.

Ο Deming ,παράλληλα, τροποποίησε την κυκλική διαδικασία του Shewhart από τρία σε τέσσερα στάδια. Τα τέσσερα αυτά στάδια είναι:

- Προγραμματίζω (Plan). Στο στάδιο αυτό διατυπώνεται το πλάνο παραγωγής.
- Πραγματοποιώ (Do). Στο στάδιο αυτό υλοποιείται το πλάνο σε μια μικρή κλίμακα.
- Μελετώ (Study). Εδώ μελετώνται τα αποτελέσματα για να διαπιστωθεί αν υπάρχει συμμόρφωση με το αρχικό πλάνο.
- Ενεργώ (Act). Τα αποτελέσματα από αυτή τη μελέτη ενσωματώνονται και χρησιμοποιούνται για να τροποποιήσουν την τρέχουσα διαδικασία παραγωγής, έτσι ώστε με τα νέα δεδομένα να δημιουργήσουμε το επόμενο βήμα, σε μεγαλύτερη κλίμακα.

Ο κύκλος του Shewhart-Deming είναι ένα απλό και αποτελεσματικό μέσο που χρησιμοποιείται ως βάση για τη βελτίωση πολλών δραστηριοτήτων ποιότητας και προγραμμάτων εκπαίδευσης.

Αυτός ο τρόπος σκέψης επηρέασε θετικά την βιομηχανία καθώς ώθησε να γίνονται δράσεις και μετά να παρατηρούνται τα αποτελέσματα τους. Έτσι δεν αρκεί απλά να γίνει μια αλλαγή στην προσπάθεια βελτίωσης του προϊόντος, πρέπει να μελετηθεί μετά αν αυτή η αλλαγή έφερε τα επιθυμητά αποτελέσματα. Δημιουργήθηκε δηλαδή για πρώτη φορά μια νοοτροπία Συνεχούς Βελτίωσης (Continuous Improvement) προϊόντων και υπηρεσιών που ως τότε δεν υπήρχε.

Όπως προαναφέρθηκε η συμβολή του Deming στην Ιαπωνική Βιομηχανία ήταν βασική για την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Κυρίως όμως ο Deming συνέβαλε στην δημιουργία μιας νοοτροπίας συνεχούς βελτίωσης την οποία στήριξε θέτοντας τα γνωστά **14 σημεία του Deming**.¹

¹ Deming, W. E., (2002). «Out of the Crisis», The MIT Press, Cambridge Massachusetts London, Second printing, Κεφ. 2ο

1. Συνέχεια και συνέπεια στην προσπάθεια βελτίωσης προϊόντων και υπηρεσιών.
2. Υιοθέτηση νέας φιλοσοφίας από τη διοίκηση.
3. Ανεξαρτητοποίηση από την απλή επιθεώρηση, του έτοιμου προϊόντος. Η ποιότητα πρέπει να είναι ενσωματωμένη στην παραγωγή.
4. Όχι συνεχείς αυξήσεις τιμών, αλλά ελαχιστοποίηση του κόστους.
5. Συνεχής βελτίωση της παραγωγής και της εξυπηρέτησης.
6. Καθιέρωση πρακτικής εκπαίδευσης στην εργασία.
7. Αποτελεσματική ηγεσία.
8. Αποβολή του φόβου ότι «κάτι δεν θα πετύχει».
9. Κατάργηση διατμηματικών στεγανών.
10. Κατάργηση συνθημάτων (slogans).
11. Κατάργηση των προτύπων και των αριθμητικών στόχων.
12. Κατάργηση συστημάτων που αφαιρούν από τους εργαζόμενους την υπερηφάνεια για την εργασία τους και τη μετατρέπουν σε υποχρέωση.
13. Καθιέρωση προγραμμάτων εκπαίδευσης και προσωπικής βελτίωσης.
14. Συμμετοχή όλων ανεξαιρέτως των στελεχών και υπαλλήλων στην προσπάθεια βελτίωσης της ποιότητας.

Παράλληλα με τα 14 σημεία του Deming, ήταν ο Juran ανέπτυξε τη θεωρία ότι το μάνατζμεντ και όχι οι εργάτες στην παραγωγή είναι υπεύθυνοι για την απόδοση του οργανισμού. Πίστευε ότι η διοίκηση πρέπει να σχεδιάσει προσεκτικά την ποιότητα μέσα στη διαδικασία παραγωγής, να παρακολουθεί την πορεία της ποιότητας των προϊόντων σε όλη τη διαδικασία παραγωγής και να τη βελτιώνει με γρήγορους ρυθμούς. Ο Juran παρουσίασε γραφικά τη θεωρία του για την αναζήτηση της ποιότητας με το «σπειροειδές-ελατήριο προόδου της ποιότητας».

Συνδέοντας τα παραπάνω καταλαβαίνουμε ότι η ΔΟΠ δεν ήταν απλά μια γρήγορη λύση για την αύξηση των κερδών. Υπάρχουν δύο βασικές αρχές στην διοίκηση ολικής ποιότητας:

- **Εστίαση στον καταναλωτή** και στους εμπλεκόμενους φορείς. Ο καταναλωτής είναι ο βασικό κριτής της ποιότητας. Για να ικανοποιηθούν ή και να ξεπεράσουν πλήρως όλα τα χαρακτηριστικά του προϊόντος τα οποία συνεισφέρουν στην αξία των καταναλωτών και οδηγούν στην ικανοποίηση και στην πίστη.
- **Ολική συμμετοχή και ομαδική εργασία.** Όταν οι μάνατζερ δίνουν τα εφόδια στους εργαζόμενους να παίρνουν καλές αποφάσεις και τους ενθαρρύνουν να συνεισφέρουν τότε οι ίδιοι εγγυόνται για το επίπεδο ποιότητας των διαδικασιών και προϊόντων.

Τελικά καταλήγουμε ότι, η ποιότητα είναι μια έννοια δύσκολη τόσο να οριστεί όσο και να κατανοηθεί. Οι ορισμοί που έχουν δοθεί κατά καιρούς είναι πολλοί και προσπαθούν να προσεγγίσουν την έννοια της.

Παρατίθενται παρακάτω κάποιοι ορισμοί που έχουν δοθεί για την ποιότητα.

Σύμφωνα με τον Deming η «*ποιότητα είναι η ικανοποίηση των αναγκών του πελάτη*». Επίσης κατά τον ίδιο θεωρητικό «*ποιότητα*» συνιστά η μείωση των μεταβολών στις διαδικασίες.

Ο Crosby ορίζει την ποιότητα ως την «*συμμόρφωση του προϊόντος στις απαιτήσεις του πελάτη*». (*Conformance to requirements*).

Κατά τον Juran:² «*Ποιότητα είναι η καταλληλότητα προς χρήση*» (*Fitness for use*).

Ενώ κατά τον Feigenbaum:³

«*Ποιότητα είναι το σύνολο των χαρακτηριστικών του προϊόντος και των υπηρεσιών, που σχετίζονται με αποτελεσματικές, ολοκληρωμένες τεχνικές και διευθυντικές διαδικασίες, για την καθοδήγηση των συντονισμένων ενεργειών των ανθρώπων, μηχανών και των πληροφοριών, που θα διασφαλίσουν την ικανοποίηση του Πελάτη*».

Παρόλες τις ελλείψεις στην φιλοσοφία του «Ποιοτικού Ελέγχου» τέθηκαν κάποιες αρχές και ιδέες οι οποίες αυτούσιες ή προσαρμοσμένες χρησιμοποιούνται ακόμη και σήμερα.

Η συνεχής ανάπτυξη της κουλτούρας ανάπτυξης ποιότητας που ξεκίνησε με την νοοτροπία της ΔΟΠ και την συμβολή των παραπάνω οδήγησε στην ανάγκη τυποποίησης της μεθοδολογίας έτσι δημιουργήθηκε το ISO 9000, που αναλύεται παρακάτω.

² Juran, J.M (1989) Juran on Leadership for Quality, An executive Handbook. The Free Press, σελ. 37

³ Λογοθέτη, Ν., (1992) «Μάνατζμεντ ολικής ποιότητας», εκδόσεις Interbooks, Κεφ. 5ο, σελ. 141.

1.2 Η πολιτική ποιότητας ISO 9000

Το διεθνές πρότυπο ποιότητας ISO 9000 είναι ένα σύστημα διασφάλισης ποιότητας που αναπτύχθηκε με σκοπό να περιλαμβάνει όλες τις προγραμματισμένες και συστηματικές ενέργειες που έχουν στόχο την παραγωγή ποιοτικών προϊόντων και υπηρεσιών.⁴

Η ανάγκη υιοθέτησης κοινώς αποδεκτών προτύπων διασφάλισης ποιότητας και η πιστοποίηση των επιχειρήσεων με ενιαίο τρόπο οδήγησαν στη δημιουργία των προτύπων της σειράς ISO 9000. Αυτή η σειρά των προτύπων δημιουργήθηκε από το Διεθνή Οργανισμό Προτύπων ή Τυποποίησης (International Standard Organization) του οποίου μέλη είναι εθνικοί φορείς προτύπων και τυποποίησης, και περιλαμβάνει διάφορους τομείς, κυρίως για τις χώρες της Ευρώπης, που έχουν ως στόχο τη δημιουργία διεθνών προτύπων, ώστε να είναι δυνατές οι διακρατικές συναλλαγές προϊόντων και υπηρεσιών.

Η δημιουργία προτύπων ποιότητας ξεκίνησε από την ανάγκη δημιουργίας προτύπων στην πολεμική βιομηχανία και αργότερα επεκτάθηκε και σε άλλες επιχειρηματικές δραστηριότητες. Η πιστοποίηση ποιότητας με τα πρότυπα της σειράς ISO 9000 αποτελεί πλέον αναγκαιότητα για κάθε επιχείρηση τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Αμερική.

Ο ελληνικός φορέας που είναι εξουσιοδοτημένος για τον έλεγχο της εφαρμογής των προτύπων ποιότητας και πιστοποίηση της ποιότητας είναι ο Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης, ΕΛΟΤ. Στην Ελλάδα υπάρχουν αρκετές πιστοποιημένες επιχειρήσεις κυρίως θυγατρικές πολυεθνικών αλλά όχι μόνο. Τελευταία, οι Ελληνικές επιχειρήσεις, αναγνωρίζοντας τη σημασία πιστοποίησης ποιότητας και της συμμόρφωσης τους με τα διεθνή πρότυπα διασφάλισης της ποιότητας, καταβάλλουν προσπάθειες, ώστε να εναρμονιστούν με τους διεθνείς ανταγωνιστές τους.

Η σειρά προτύπων ISO 9000-9004 είναι μια σειρά οδηγιών για την διασφάλιση της ποιότητας που εκδόθηκε το 1987 από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης και αναθεωρήθηκε για πρώτη φορά το 1994 και για δεύτερη φορά το 1994 και για δεύτερη φορά το 2000. Ο στόχος της σειράς ήταν η εναρμόνιση των διαφόρων εθνικών και διεθνών προτύπων ποιότητας. Η σειρά προτύπων ISO 9000-9004 έχει τυποποιήσει τα συστήματα τα οποία αξιολογούν την ικανότητα των οργανισμών είτε πρόκειται για επιχειρήσεις είτε για μη κερδοσκοπικούς οργανισμούς να σχεδιάζουν, να παράγουν και να παραδίδουν στους πελάτες ποιοτικά προϊόντα ή υπηρεσίες.

Μερικά από τα πρότυπα της σειράς ISO περιλαμβάνουν απαιτήσεις (requirements), ενώ άλλα περιλαμβάνουν οδηγίες(guidelines). Τα πρότυπα ISO 9001 και ISO 9003 είναι πρότυπα απαιτήσεων. Τα πρότυπα αναθεωρούνται συνεχώς και ήδη το πρότυπο ISO 9002 έχει καταργηθεί.

Η εφαρμογή των παραπάνω προτύπων καθίσταται αναγκαία όταν οι πελάτες της επιχείρησης απαιτούν την ύπαρξη σχετικής διεθνούς πιστοποίησης ποιότητας από έναν ανεξάρτητο οργανισμό για ανταγωνιστικούς λόγους. Πρόκειται για μοντέλα ποιότητας

⁴ Στοιχεία Ελέγχου και Διασφάλισης Ποιότητας σελ. 247

που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για λόγους διασφάλισης της ποιότητας της παραγωγής

Το πρότυπο ISO 9004 είναι πρότυπο οδηγιών. Περιλαμβάνει συστάσεις και οδηγίες τις οποίες θα πρέπει να ακολουθούν οι επιχειρήσεις για τη διασφάλιση της ποιότητας των προϊόντων και των υπηρεσιών τους. Ο σκοπός του προτύπου ISO 9004 είναι γενικότερος εκείνου των προηγούμενων προτύπων διότι καλύπτει όχι μόνο τα χαρακτηριστικά ποιότητας του προς εξέταση συστήματος ώστε οι πελάτες να έχουν εμπιστοσύνη στα προϊόντα ή τις υπηρεσίες αλλά και την αποδοτικότερη οργάνωση της επιχείρησης. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει υιοθετήσει πλήρως τα πρότυπα της σειράς ISO για την ποιότητα.

Το ISO 8402:1994 είναι το διεθνές πρότυπο που καθορίζει τους όρους που χρησιμοποιούνται σ' όλα τα πρότυπα της σειράς. Ο ορισμός κάθε όρου δίνεται με σαφήνεια και επιστημονική ακρίβεια ώστε να μην παραμένουν ασάφειες σχετικά με το τι εννοούμε με τη χρησιμοποίηση κάθε όρου. Στα επόμενα δίνονται οι ορισμοί σύμφωνα με το πρότυπο των συνηθέστερων όρων που συναντώνται στη διασφάλιση ποιότητας.

Ποιότητα: ορίζεται ως το σύνολο των χαρακτηριστικών μιας οντότητας που την καθιστούν ικανή να ικανοποιεί εκφρασμένες ανάγκες και ανάγκες που προκύπτουν.

Προϊόν: αποτέλεσμα δραστηριοτήτων ή διεργασιών.

Υπηρεσία: αποτέλεσμα που προκύπτει από δραστηριότητες στο σημείο επαφής του προμηθευτή και του πελάτη και από εσωτερικές δραστηριότητες του προμηθευτή, ώστε να ικανοποιηθούν οι ανάγκες του πελάτη.

Πελάτης: παραλήπτης ενός προϊόντος που παράγεται από τον προμηθευτή.

Προμηθευτής: οργανισμός που παρέχει ένα προϊόν στον πελάτη.

Οντότητα: αυτό το οποίο μπορεί να περιγραφεί και να θεωρηθεί εξατομικευμένο.

Διεργασία: σύνολο αλληλοσχετιζόμενων μέσων και δραστηριοτήτων που μετασχηματίζουν εισερχόμενα στοιχεία σε εξερχόμενα στοιχεία.

Συμμόρφωση: η εκπλήρωση προδιαγεγραμμένων απαιτήσεων

Ελάττωμα: η μη εκπλήρωσή απαιτήσεων ή λογικών προσδοκιών ως προς την προβλεπόμενη χρήση συμπεριλαμβανομένων και εκείνων που αφορούν στην ασφάλεια.

Διασφάλιση ποιότητας: όλες οι σχεδιασμένες και συστηματικές δραστηριότητες που εφαρμόζονται μέσα στα πλαίσια του συστήματος για τη διασφάλιση της ποιότητας και αποδεικνύονται στο βαθμό που απαιτείται προκειμένου να παρέχεται επαρκής εμπιστοσύνη ότι μία οντότητα ικανοποιεί τις απαιτήσεις ποιότητας.

Εγχειρίδιο ποιότητας: έγγραφο στο οποίο δηλώνεται η πολιτική που ακολουθείται για την ποιότητα και περιγράφεται το σύστημα για την ποιότητα ενός οργανισμού,

Προδιαγραφή: έγγραφο στο οποίο δηλώνονται οι απαιτήσεις.

Ολική διαχείριση της ποιότητας: τρόπος διοίκησης ενός οργανισμού, με έμφαση στην ποιότητα, ο οποίος βασίζεται στη συμμετοχή όλων των μελών του και στοχεύει στη μακροπρόθεσμη επιτυχία μέσω της ικανοποίησης του πελάτη και στην παροχή οφελών σ' όλα τα μέλη του οργανισμού και της κοινωνίας.

Το ISO 9001:1994 αποτελεί το κορυφαίο πλέον αυστηρό πρότυπο της σειράς ISO 9000. Το ιδανικό για μία εταιρεία είναι να επιτύχει συμμόρφωση στις απαιτήσεις του προτύπου σε όλες τις φάσεις της παραγωγικής διαδικασίας που περιλαμβάνουν το σχεδιασμό, την παραγωγή, την εγκατάσταση, τη συντήρηση, την επισκευή και την παροχή των υπηρεσιών προς τους πελάτες.

Το πρότυπο χρησιμοποιείται όταν υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις όσον αφορά στην απόδοση του προϊόντος. Το πρότυπο αυτό περιέχει όλες τις απαιτήσεις των προηγούμενων προτύπων της σειράς ISO 9000.

Το πρότυπο έχει αναθεωρηθεί ως ISO 9001/2000 και αναφέρεται ως πρότυπο διαχείρισης ποιότητας δίνοντας ιδιαίτερο βάρος στην διαχείριση της ποιότητας μέσω διεργασιών που αλληλοσυνδέονται και επηρεάζονται και στις διεργασίες βελτίωσής της ποιότητας.

Πλεονεκτήματα της εφαρμογής της σειράς ISO 9000.

- Βοηθάει στην αποσαφήνιση και τον καθορισμό των ευθυνών και των λειτουργικών κανόνων, μειώνοντας στο ελάχιστο τον αυτοσχεδιασμό από μέρους των εργαζομένων
- Παρέχει σαφείς και καθαρές οδηγίες σε όλο το προσωπικό της επιχείρησης, μέσω προσεκτικά τεκμηριωμένων διαδικασιών. Έτσι διασφαλίζεται η ομοιόμορφη και επαρκής επικοινωνία και ο αποτελεσματικός έλεγχος όλων των διαδικασιών, ακόμη και σε περιπτώσεις μετακίνησης του προσωπικού σε διαφορετικές θέσεις εργασίας ή σε περιπτώσεις πρόσληψης νέων εργαζομένων
- Προσφέρει μια ορθολογική και συστηματική προσέγγιση στην επιμόρφωση και εκπαίδευση του προσωπικού
- Η ευαισθησία του προσωπικού σε θέματα Ποιότητας αυξάνεται αφού όλοι μαζί δουλεύουν με κοινό όραμα και σαφείς οδηγίες εργασίας.
- Βελτίωση σχέσεων μεταξύ διαφορετικών τμημάτων και αποσαφήνιση των αορίστων διατμηματικών καθηκόντων
- Αύξηση της παραγωγικότητας των εργαζομένων λόγω συστηματικής προσέγγισης εργασιακών λειτουργιών
- Μείωση της αστάθειας και βελτίωση της ποιότητας προϊόντων ή υπηρεσιών λόγω τυποποίησης διαδικασιών
- Μείωση ελαττωματικών, επανακατεργασιών και επιστροφών, συνεπώς μείωση του κόστους Ποιότητας

Η εφαρμογή της σειράς ISO 9000 είναι το ορθολογικότερο και σταθερότερο υπόβαθρο για κάθε επιχείρηση που έχει ως στόχο την ανάπτυξη ενός συστήματος Ολικής Ποιότητας.

1.3 Η πολιτική Ποιότητας Έξι Σίγμα (6σ)

Η πολιτική ποιότητας Έξι Σίγμα είναι μια φιλοσοφία βελτίωσης διαδικασιών μέσα από την εφαρμογή στατιστικών εργαλείων. Χαρακτηρίζεται από πειθαρχία και αυστηρότητα. Η πολιτική ποιότητας «6 Σίγμα» είναι μια οργανωμένη και συστηματική μέθοδος για την στρατηγική βελτίωση της διαδικασίας και την ανάπτυξη νέων προϊόντων που στηρίζεται σε στατιστικές μεθόδους και στην επιστημονική μέθοδο μείωσης των ποσοστών ελαττωματικών. (Linderman et al., 2003)

Είναι μια πολιτική ποιότητας η οποία επινοήθηκε από τη Motorola 25 χρόνια πριν (στις αρχές της δεκαετίας του 80) ως μέθοδος για να μειώσει τις κατασκευαστικές ατέλειες. Σε απάντηση μιας πρόκλησης να επιτύχουν δεκαπλάσια μείωση των επιπέδων αποτυχίας των προϊόντων σε πέντε έτη. Εκτιμάται ότι η Motorola μείωσε τις ατέλειές της μέχρι 94% μεταξύ του 1987 και 1993. Η πολιτική ποιότητας «6 Σίγμα» είναι ένα καταχωρημένο εμπορικό σήμα της εταιρείας Motorola (Antony, 2012).

Μετά την επιτυχία του 6σ στην Motorola πολλές εταιρείες έσπευσαν να υιοθετήσουν το πρόγραμμα σε μια προσπάθεια να παραμείνουν ανταγωνιστικές και να μειώσουν το κόστος των ελαττωματικών προϊόντων. Η εταιρεία που κατάφερε να επωμιστεί μεγάλα κέρδη από την εφαρμογή της μεθοδολογίας ήταν η General Electric.

Η General Electric είναι αυτή που προώθησε τη πολιτική ποιότητας 6σ σε παγκόσμιο επίπεδο καθώς με την εφαρμογή του πέτυχε σημαντικά διοικητικά αποτελέσματα.

Είναι μια από τις πλέον επιτυχημένες επιχειρήσεις που εφαρμόζει την πολιτική ποιότητας προγραμμάτων «6 Σίγμα». Σε μια από τις ετήσιες εκθέσεις της στα μέσα του 2000 περισσότερα από 1 δισεκατομμύριο δολάρια ξοδεύτηκαν για απαραίτητους πόρους που απαιτήθηκαν για το πρόγραμμα και το ίδιο είχε γίνει και για την εκπαίδευση των υπαλλήλων τα προηγούμενα έτη. Εντούτοις ένα τεράστιο κέρδος δισεκατομμυρίων δολαρίων θα μπορούσε να επιτευχθεί ετησίως (Torfer, 2002)

Τι σημαίνει όμως πραγματικά το Έξι Σίγμα;

Σίγμα είναι το ελληνικό γράμμα με το οποίο περιγράφεται στην επιστήμη της στατιστικής η τυπική απόκλιση (Standard Deviation) ενός συνόλου αριθμών. Η τυπική απόκλιση υπολογίζει την διακύμανση του συνόλου τιμών από το μέσο όρο (μ). Έξι είναι τα επίπεδα Σίγμα στα οποία επιτυγχάνουμε επίπεδο ποιότητας 99,99966% που σημαίνει 3,4 ελαττωματικά ανά 1 εκατομμύριο ευκαιρίες.

- Υπολογισμός της τυπικής απόκλισης:

Για να υπολογιστεί η τυπική απόκλιση χρειάζεται αρχικά να υπολογίσουμε το μέσο όρο του συνόλου των παρατηρήσεων που εξετάζουμε:

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{n} \text{ για το δείγμα}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{(n-1)} \text{ για τον πληθυσμό}$$

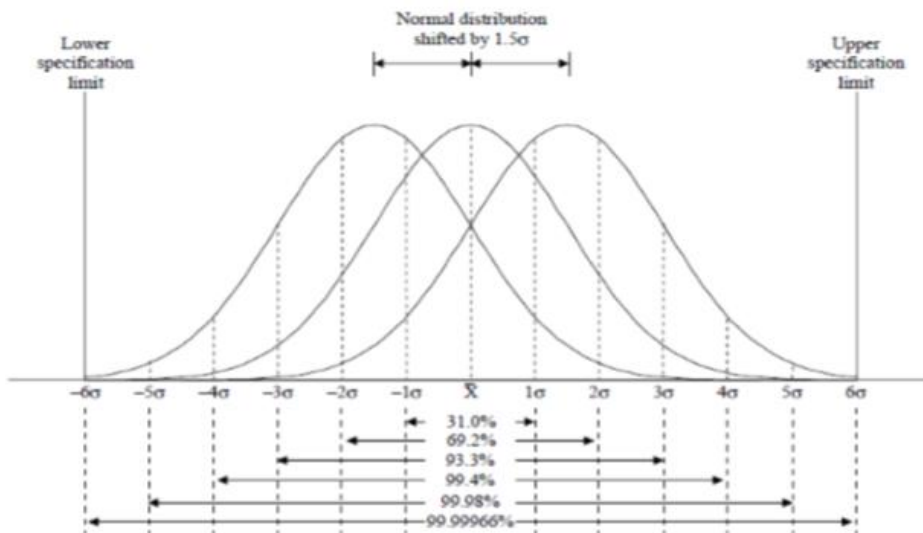
Όπου n=μέγεθος του δείγματος

Σxi= άθροισμα όλων των παρατηρήσεων του δείγματος

Έπειτα ακολουθεί ο υπολογισμός της τυπικής απόκλισης όπως φαίνεται παρακάτω:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{(n - 1)}}$$

Τα επίπεδα σίγμα και τα αντίστοιχα επίπεδα ατέλειας παράγονται από την κανονική κατανομή καμπύλη πιθανότητας για μία διαδικασία. Αυτά τα επίπεδα εκφράζονται ως μέρη ατέλειας ανά εκατομμύριο ευκαιρίες (DPMO): επίπεδο σίγμα 2 - 308.537 DPMO, επίπεδο σίγμα 3- 66.807 DPMO, επίπεδο σίγμα 4 - 6.210 DPMO, επίπεδο σίγμα 5 - 233 DPMO και επίπεδο σίγμα 6 - 3,4 DPMO (Pande et al., 1999).



Σχήμα 1.4. 1: Επίπεδα «Σίγμα» και μετατόπιση του μέσου όρου της κανονικής κατανομής

Το κύριο θέμα της πολιτικής ποιότητας «6 Σίγμα» είναι να εστιάσει στη μείωση της μεταβλητότητας μέσα στις διαδικασίες (Antony, 2006). Η πολιτική ποιότητας Έξι Σίγμα στοχεύει να μειώσει τα ελαττωματικά μέρη και να μειώσει την μεταβλητότητα (Variation). Καταλαβαίνουμε λοιπόν ότι η μεταβλητότητα είναι ένα αρνητικό μέγεθος κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας 6σ. Όσο υψηλότερο είναι το επίπεδο «σίγμα» τόσο λιγότερο πιθανό είναι μια διαδικασία να δημιουργήσει ελαττωματικά μέρη (Goh and Breyfogle, 2003).. Άρα κομμάτι της ποιότητας, αφορά τη μείωση της μεταβλητότητας της διαδικασίας και όχι μόνο του αριθμού των ελαττωματικών.

Η πολιτική ποιότητας Έξι Σίγμα μπορεί να διαιρεθεί σε τρία διακριτά επίπεδα: (Douglas και Erwin 2000; de Koning and de Maste, 2006):

- Ως μετρική: 3.4 ελαττωματικά ανά εκατομμύριο ευκαιρίες (Defects Per Million Opportunities/DPMO). Η DPMO λαμβάνει υπόψη την πολυπλοκότητα ενός προϊόντος ή μιας διαδικασίας
- Ως μεθοδολογία: ένας δομημένος χάρτης επίλυσης προβλημάτων και εργαλείων π.χ. Όρισε, Μέτρησε, Ανέλυσε, Βελτίωσε και Έλεγε (DMAIC) και μεθοδολογίες σχεδιασμού έξι σίγμα (DFSS)
- Ως φιλοσοφία: μείωση της μεταβλητότητας μέσα στην επιχείρηση και λήψη αποφάσεων βασιζόμενοι σε δεδομένα πελατών

1.4 Η μεθοδολογία «Έξι Σίγμα»

Κατά τη διάρκεια των δεκαετιών, η πολιτική ποιότητας 6σ στηρίζεται στη χρήση εργαλείων και μεθόδων τα οποία έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικά (π.χ. εργαλεία διαχείρισης του προγράμματος, χάρτες διαδικασιών, ανάλυση Pareto, διάγραμμα φαροκόκαλο ή διάγραμμα αιτίου - αποτελέσματος και διαγράμματα ελέγχου). Αυτά τα εργαλεία και μέθοδοι εφαρμόζονται μέσα από ένα μοντέλο βελτίωσης της απόδοσης γνωστό ως DMAIC με πέντε στάδια Define, Measure, Analyze, Improve, Control δηλ. το μοντέλο Όρισε, Μέτρησε, Ανάλυσε, Βελτίωσε και Έλεγξε. (Σχήμα 1.3.2)



Σχήμα 1.4. 2 Στάδια εφαρμογής DMAIC

Το μοντέλο βελτίωσης DMAIC παρέχει ένα εξαιρετικά καλό πλαίσιο για την επίλυση ενός προβλήματος μέσα από ένα γραμμικό τρόπο, όπου μία ομάδα θα τελειώνει τη μία φάση και θα περνά πιο εύκολα στην επόμενη (Smith and Phadke, 2005)

- ΟΡΙΣΕ (DEFINE)

Αρχικά το πρόγραμμα «Έξι Σίγμα» της Motorola δεν περιείχε το στάδιο του Ορισμού του προβλήματος. Προστέθηκε αργότερα από την General Electric και πλέον αποτελεί βασικό στάδιο της επιτυχίας της μεθοδολογίας. Ιδιαίτερα βασικό είναι για τις μικρές επιχειρήσεις που δεν εφαρμόζουν κάποια άλλη πολιτική ποιότητας.

Ο στόχος της φάσης καθορίζω (Define) είναι να περιγράψει τον στόχο του προγράμματος (Jugulum and Samuel, 2008). Στο στάδιο αυτό Χρησιμοποιούνται εργαλεία όπως Χάρτες Διαδικασιών (Process Map) και Διαγράμματα Ροής (Flowcharts). Τα διαγράμματα αυτά βοηθούν στην οπτικοποίηση της διεργασίας ώστε να αναγνωριστούν οι επιμέρους διαδικασίες που την απαρτίζουν.

- ΜΕΤΡΗΣΗ(MEASURE)

Στη φάση μέτρησης (Measure) επιλέγεται η ποσοτικοποιημένη έξοδος της διεργασίας που χρειάζεται βελτίωση και είναι δυνατόν να μετρηθεί με ακρίβεια. Καθορίζεται τι θεωρείται ατέλεια ή ελάττωμα (Hoerl R.W., 1998b)

Το πραγματικό πρόβλημα μετασχηματίζεται σε στατιστικό. Ένα αποτέλεσμα Y_i μιας διαδικασίας καθορίζεται από διάφορους παράγοντες x_{ij} ως εξής (Heckl et al., 2010) :

$$Y_i = f(x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{ij})$$

Στόχος είναι ο προσδιορισμός των κρίσιμων παραγόντων X_{ij} που επηρεάζουν το αποτέλεσμα Y_i της διαδικασίας. Προκειμένου να βρεθούν αυτοί οι παράγοντες χρησιμοποιούνται γραφικές στατιστικές μέθοδοι όπως πίτες, διαγράμματα, ιστόγραμμα και θηκόγραμμα (Schonberger, 2008).

- ΑΝΑΛΥΣΗ (ANALYZE)

Αναλύονται τα δεδομένα που συλλέχθηκαν αρχικά ούτως ώστε να καταγραφεί η ικανότητα της διεργασίας. Προσδιορίζονται οι εισόδοι της διεργασίας που χρειάζεται βελτίωση. Αξιολογούνται οι μεταβλητές εισόδου και επιλέγονται οι πιο κρίσιμες. Μελετάται από τι επηρεάζονται οι κρίσιμες μεταβλητές εισόδου και τι διαμορφώνει την τιμή τους. Με τον τρόπο αυτό εντοπίζονται τα αίτια των βλαβών-ελαττωμάτων και αναλύεται η επίδρασή τους. (Hoerl R.W.,1998).

Σκοπός είναι να προσδιορίσουμε τις ανεξάρτητες μεταβλητές που επηρεάζουν σε μεγαλύτερο βαθμό τις εξαρτημένες μεταβλητές που μελετάμε.

Οι στατιστικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι η ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης και η αυτοσυσχέτιση που χρησιμοποιούνται για να μετρήσουν τη σχέση των παραγόντων x_{ij} και των αποτελεσμάτων Y_i της διαδικασίας. Αυτό το τελικό βήμα της φάσης αυτής διαφοροποιεί την πολιτική ποιότητας «6 Σίγμα» από τις άλλες μεθόδους βελτίωσης της επιχειρησιακής διαδικασίας (Klefsjö et al., 2001).

- ΒΕΛΤΙΩΣΗ(IMPROVE)

Στο στάδιο αυτό γίνεται ανάλυση των αποτελεσμάτων και καταγραφή συμπερασμάτων που προέκυψαν κατά το προηγούμενο στάδιο της μεθοδολογίας.

Η φάση Βελτίωση , αφορά την ρύθμιση των κρίσιμων παραγόντων κατά τέτοιο τρόπο ώστε τα αποτελέσματα να συμμορφωθούν με τα προκαθορισμένα ποιοτικά πρότυπα όπως αυτά καθορίζονται από τους πελάτες (Harry and Schroeder, 2006).Καθορίζεται ο τρόπος παρεμβολής στις διεργασίες όπου απαιτείται βελτίωση, έτσι ώστε να μειωθούν τα ποσοστά των ελαττωμάτων ή ατελειών (Hoerl R.W., 1998b).

Με την παρεμβολή αυτή έχουμε στόχο να τηρούμε τις προδιαγραφές για τις μεταβλητές εισόδου γνωρίζοντας πλέον τους παράγοντες που τις διαμορφώνουν.

- ΕΛΕΓΧΟΣ (CONTROL)

Στο τελευταίο βήμα της μεθοδολογίας ελέγχεται η διατήρηση της επιθυμητής κατάστασης που επιτεύχθηκε μέσα από τη βελτίωση (Hoerl R.W., 1998b). Επιλογή του διαγράμματος ελέγχου ανάλογα με τον τύπο της μεταβλητής μέσω του εργαλείου Στατικός Έλεγχος Διαδικασίας (Statistical Process Control). Είναι πολύ σημαντικό να γίνει η σωστή επιλογή του διαγράμματος ελέγχου ανάλογα με τον τύπο της μεταβλητής.

1.5 Σύστημα ζωνών ικανότητας

Η ικανότητα να εφαρμόσει κάποιος την πολιτική ποιότητας «Έξι Σίγμα» μετριέται σε ζώνες. Η κάθε ζώνη αντιπροσωπεύει την ικανότητα και την εμπειρία του κατόχου να εφαρμόσει την πολιτική ποιότητας Έξι Σίγμα.

Προκειμένου να εκτελεστούν επιτυχώς τα προγράμματα της πολιτικής ποιότητας «6 Σίγμα», διαμορφώνεται μια οργανωτική δομή, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 3.2.2.1. Η δομή αυτή αποτελείται από άτομα με τους ακόλουθους τέσσερις ρόλους (Keeni et al., 2000; Breyfogle et al., 2001):

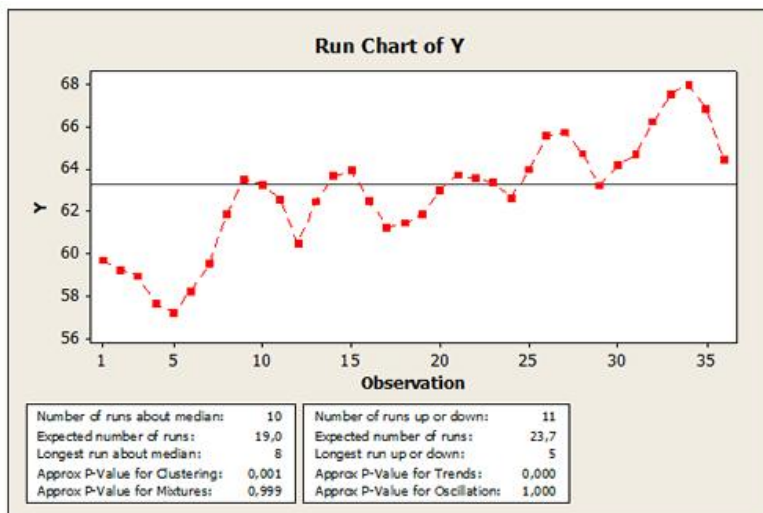
- Πρωταθλητής (Champion): είναι ένα πρόσωπο που διευκολύνει την εφαρμογή/ανάπτυξη του προγράμματος «6 Σίγμα». Ο πρωταθλητής δημιουργεί το όραμα, καθορίζει την πορεία στην ποιότητα «6 Σίγμα», μετρά την πρόοδο και στηρίζει τις βελτιώσεις.
- Κάτοχος μαύρης ζώνης (Master Black Belt): είναι σύμβουλος ο οποίος αναπτύσσει ένα δίκτυο «6 Σίγμα», παρέχει την κατάρτιση στις στρατηγικές και τα εργαλεία, δίνει υποστήριξη στη χρησιμοποίηση και διάδοση εργαλείων «6 Σίγμα» και εποπτεύει τα προγράμματα «6 Σίγμα». Ο κάτοχος μαύρης ζώνης διευκολύνει επίσης τη διανομή των καλύτερων πρακτικών και συμμετέχει ενεργά στη διαδικασία αλλαγής.
- Μαύρη ζώνη (Black Belt): πλαισιώνεται από άτομα που συμμετέχουν στις ομάδες βελτίωσης της διαδικασίας, καταδεικνύει την αξιόπιστη εφαρμογή εργαλείων «6 Σίγμα», εκπαιδεύει τα μέλη των ομάδων και είναι υπεύθυνη για τα αποτελέσματα του προγράμματος «6 Σίγμα». Η μαύρη ζώνη λειτουργεί σε πλήρες ωράριο σε προγράμματα και εκθέσεις «6 Σίγμα» και δίνει αναφορά στον κάτοχο της μαύρης ζώνης.
- Πράσινη ζώνη (Green Belt): διευθύνει παρόμοιες αναθέσεις όπως η μαύρη ζώνη, αλλά λειτουργεί μόνο σε μειωμένο ωράριο στα προγράμματα «6 Σίγμα». Η πράσινη ζώνη παρουσιάζει την πρόοδο του προγράμματος στην μαύρη ζώνη.
- Κίτρινη ζώνη: παρόμοια με την άσπρη ζώνη, η κίτρινη ζώνη χρησιμοποιείται συχνά στη βιομηχανία για να δείξει στους υπαλλήλους πώς να αναλαμβάνουν ρόλους σε προγράμματα πολιτικής ποιότητας «6 Σίγμα» κατά μήκος των άλλων ευθυνών εργασίας τους (Harry and Crawford, 2004).
- Άσπρη ζώνη: οι Harry and Crawford (2004) εισάγουν στη βιβλιογραφία την έννοια άσπρη ζώνη: απαιτεί 40 εκπαιδευτικές ώρες και έχει πολύ στενότερη εστίαση από τη μαύρη ζώνη καθώς λειτουργεί σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο

εργασίας. Μια άσπρη ζώνη μπορεί να συμπληρώσει μέχρι 12 προγράμματα ετησίως, με πιθανή οικονομική επιστροφή \$25k από κάθε πρόγραμμα.

1.6 Στατιστικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται στην Μεθοδολογία «Έξι Σίγμα»

- Διάγραμμα Χρόνου (Run Chart)

Το διάγραμμα χρόνου (Σχήμα 1.7.1) απεικονίζει την πορεία ενός μεγέθους ως προς το χρόνο. Είναι ένα αναγνωριστικό διάγραμμα ώστε να παρατηρήσουμε την αλλαγή της μεταβλητής Y που εξετάζουμε σε συνάρτηση των παρατηρήσεων (χρόνος) X.

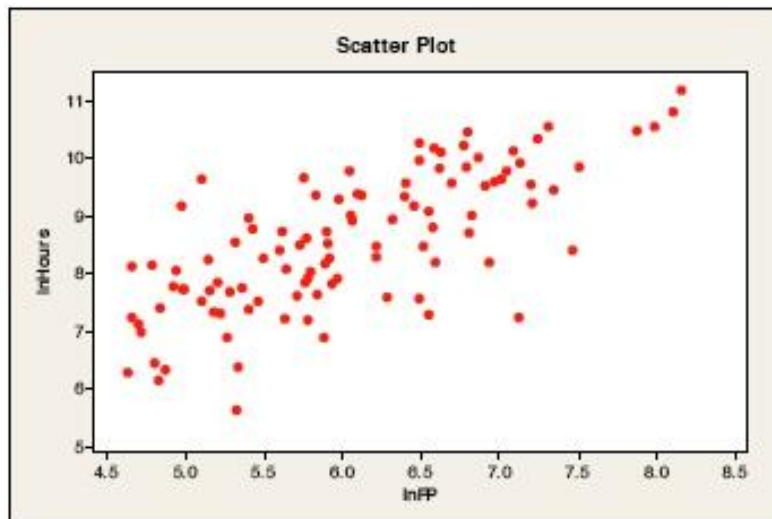


Σχήμα 1.7. 1: Διάγραμμα Χρόνου (Run Chart)

Περιπτώσεις όπου εφαρμόζεται: Παρακολούθηση της πορείας των κερδών/ζημιών, παρακολούθηση των πωλήσεων κ.λπ. Χρησιμοποιείται στο στάδιο της Ανάλυσης (Analyze).

- Διάγραμμα Διασποράς/Ανάλυση Συσχέτισης (Scatter Plot/Correlation Analysis)

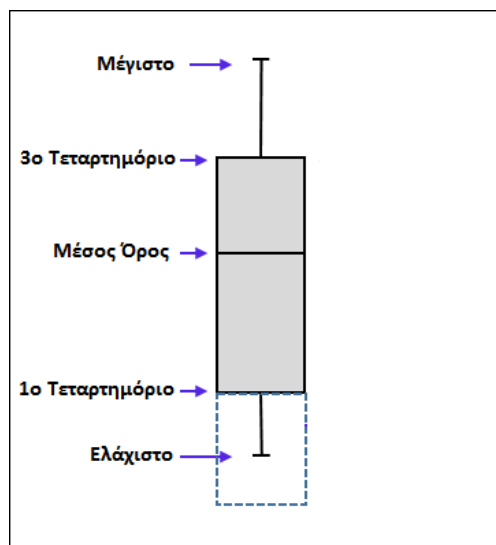
Απεικονίζει τη συσχέτιση μεταξύ δύο μεταβλητών στο καρτεσιανό επίπεδο. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στην αναγνώριση γραμμικής συσχέτισης. Με την επιλογή κατάλληλου συνδυασμού δύο μεταβλητών εντοπίζεται η επιρροή της μιας μεταβλητής στην τιμή της άλλης. (Σχήμα 1.7.2). Χρησιμοποιείται στο στάδιο της Ανάλυσης(Analyze).



Σχήμα 1.7. 2: Διάγραμμα Διασποράς (Scatter Plot)

- Θηκόγραμμα (Box Plot)

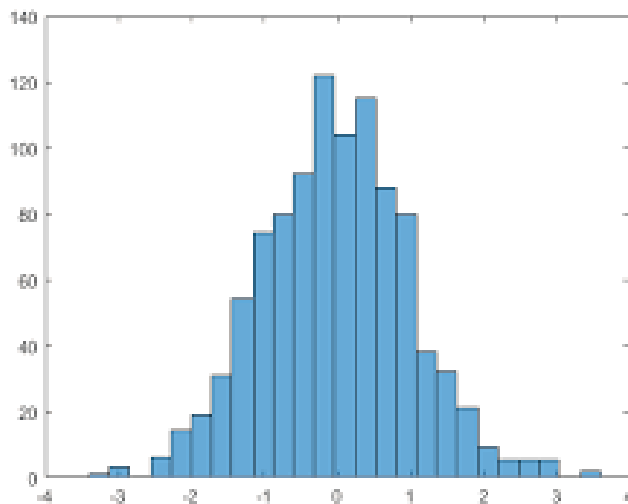
Το θηκόγραμμα παρέχει εποπτεία της διακύμανσης των τιμών μιας μεταβλητής. Όπως εμφανίζεται στο Σχήμα 1.7.3, παρέχει μια εικόνα για το δείγμα και την κατανομή των τιμών που περιλαμβάνει αυτό. Παράλληλα είναι ένα εύκολο εργαλείο για την εμφάνιση των σημείων εκτός των αποδεκτών ορίων. Το θηκόγραμμα χρησιμοποιείται κατά την διάρκεια της Μέτρησης(Measure).



Σχήμα 1.7. 3: Θηκόγραμμα (Boxplot)

- Ιστόγραμμα (Histogram)

Στο ιστόγραμμα (Σχήμα 1.7.4) απεικονίζεται η συχνότητα εμφάνισης των τιμών μια μεταβλητής, και η κατανομή του συνόλου των δεδομένων. Το γνωστό Ιστόγραμμα, που εφαρμόζεται σε πληθώρα εφαρμογών για να κατασκευαστεί, χωρίζονται οι παρατηρήσεις σε ίσες κλάσεις και σχηματίζονται τα παραλληλόγραμμα που έχουν ως ύψος, την συχνότητα εμφάνισης των παρατηρήσεων και ως πλάτος, το αντίστοιχο πλάτος των κλάσεων. Το ιστόγραμμα χρησιμοποιείται σε όλες τις φάσεις της διαδικασίας.



Σχήμα 1.7. 4: Ιστόγραμμα (Histogram)

- Διάγραμμα Αιτίου-Αποτελέσματος(Fishbone, Ishikawa)

Το διάγραμμα αιτίου - αποτελέσματος (ψαροκόκαλο) απαντά στο ερώτημα "ποιες είναι οι αιτίες του προβλήματος;"

Ένας τρόπος για να σχεδιάσουμε τα δεδομένα που επηρεάζουν την ποιότητα, είναι το διάγραμμα αιτίου-αποτελέσματος. Τα πιθανά αίτια ομαδοποιούνται σε κύριες κατηγορίες και σε υποκατηγορίες. Το διάγραμμα αυτό κατασκευάζεται από τις ιδέες που προέκυψαν από τη χρήση του εργαλείου "καταιγισμός ιδεών" και ομαδοποιούνται στις κύριες κατηγορίες:

1. Μέθοδοι / διαδικασίες

2. Μέσα / Υλικά

3. Μηχανήματα

4. Άνθρωποι

5. Πληροφορίες

Χρησιμοποιείται κυρίως στα στάδια του Καθορισμού(Define) και της Μέτρησης(Measure).

- Διάγραμμα Πολλαπλής Συσχέτισης (Multiple-Variation Plot)

Στο διάγραμμα πολλαπλής συσχέτισης απεικονίζεται η συσχέτιση περισσότερων των δύο μεταβλητών. Μέσω των αποτελεσμάτων εξηγείται η επιρροή της μιας μεταβλητής στις τιμές των υπολοίπων μεταβλητών.

- Διάγραμμα Κανονικότητας (Normal Probability Plot)

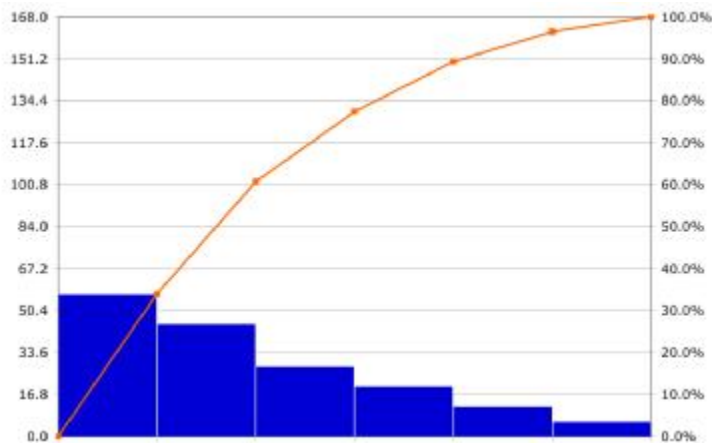
Μέσω του Διαγράμματος Κανονικότητας γίνεται έλεγχος της κανονικότητας της διαδικασίας βάση της κανονικής κατανομής Gauss. Ελέγχει αν ένα σύνολο τιμών είναι κανονικά καταμετρημένο και υπολογίζει την πιθανότητα η τιμή ενός μεγέθους, το οποίο προσεγγίζεται από την κανονική κατανομή, να πάρει μια τιμή μέσα από ένα συγκεκριμένο διάστημα.

- Εκτίμηση της μέσης τιμής

Εκτίμηση της μέσης τιμής ενός πληθυσμού που ακολουθεί την κανονική κατανομή και ο υπολογισμός του αντίστοιχου διαστήματος εμπιστοσύνης .Γίνεται λήψη αποφάσεων ανάλογα με τον αν τα υπολογιζόμενα μεγέθη βρίσκονται μέσα στα αποδεκτά όρια.

- Διάγραμμα Pareto

Συνήθως το διάγραμμα Pareto απαντά στο ερώτημα "ποια είναι τα μεγαλύτερα προβλήματα;" Μέσω του διαγράμματος Pareto εντοπίζεται το 20% των προβλημάτων, το οποίο αφού διορθωθεί θα επιφέρει 80% βελτίωση.



Σχήμα 1.7. 5: Διάγραμμα Pareto

- Διάγραμμα Ελέγχου(Control Chart)

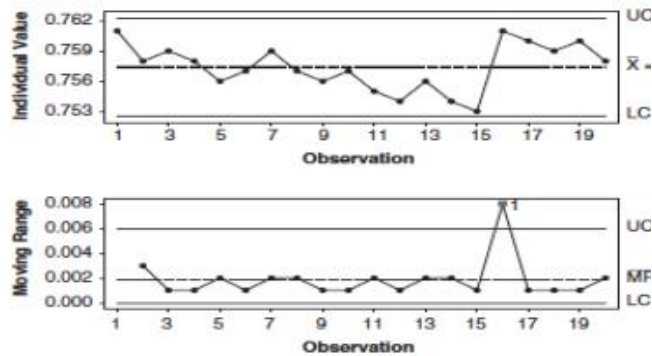
Το διάγραμμα ελέγχου οπτικοποιεί το στόχο της εξόδου μιας διεργασίας και τα όρια εκείνα που καθορίζουν πότε η διαδικασία μας είναι εντός ή εκτός στατιστικού ελέγχου.

Σε ένα διάγραμμα ελέγχου αποτυπώνεται η σταθερότητα μιας διαδικασίας. Υπάρχουν διάφοροι τύποι Διαγραμμάτων Ελέγχου όπως πχ:

- Το IX Chart είναι ένα Run Chart που μας δείχνει την πορεία της διαδικασίας με μεμονωμένα σημεία απεικονίζοντας επίσης τη μέση τιμή των παρατηρήσεων.
- Το Moving Range Chart απεικονίζει τη διαφορά του κάθε σημείου από το αμέσως προηγούμενό του, καθώς και τη μέση τιμή των σημείων που σχηματίζονται

Στα Διαγράμματα Ελέγχου όπως αναφέρθηκε σημειώνονται επίσης και τα αποδεκτά όρια ελέγχου της διαδικασίας, τα οποία χρησιμοποιούνται για να ελεγχθεί η σταθερότητά της. Αξίζει να αναφερθεί ότι τα όρια ελέγχου της διαδικασίας είναι διαφορετικά από τα αποδεκτά όρια του καταναλωτή τα οποία για αποφυγή περιπλοκότητας δεν αποτυπώνονται στα διαγράμματα. Αν η διαδικασία παρουσιάζει ένα ή περισσότερα σημεία εκτός των ορίων ελέγχου μπορούμε να πούμε με σιγουριά ότι αυτή δεν είναι σταθερή.

Σχόλιο [CS1]: Παρατήρασε



Σχήμα 1.7. 6: Διάγραμμα Ελέγχου (Control Chart)

- Χάρτης Διαδικασίας /Process Map Διάγραμμα Ροής /Flowchart
Εποπτεία μιας διαδικασίας και ανάλυση των επιμέρους τμημάτων της



Σχήμα 1.7. 7: Διάγραμμα Ροής (Flowchart)

Το εργαλείο αυτό βοηθάει στην οργάνωση των διαδικασιών όπως και την περιγραφή των πόρων που απαιτούνται για κάθε διαδικασία καθώς και τα αποτελέσματα που προκύπτουν από αυτές. Τέλος, μπορούμε να απεικονίσουμε όχι μόνο την πραγματική διαδικασία αλλά και προσομοίωση της βέλτιστης

- Ανάλυση Διακύμανσης (Analysis of Variance-ANOVA)

Το συγκεκριμένο εργαλείο ανήκει στην γενική κατηγορία «Root Cause» και ο σκοπός που επιτελεί είναι η αναζήτηση της συσχέτισης μεταξύ δύο δειγμάτων ή μεταβλητών μέσω του στατιστικού ελέγχου υποθέσεων, σε ένα διάστημα εμπιστοσύνης. Το εργαλείο ANOVA χρησιμοποιείται για την απόδειξη του αν δύο μεγέθη, για παράδειγμα οι μέσες τιμές δύο δειγμάτων, παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους ή όχι, αλλά και το που μπορεί να οφείλεται η διαφορά αυτή.

- Regression Analysis

Προσδιορισμός της εξίσωσης των ανεξάρτητων μεταβλητών (παραγόντων που επηρεάζουν την τιμή του μεγέθους που μελετάμε) που προσεγγίζει σε μεγαλύτερο βαθμό την πορεία των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής (το μέγεθος το οποίο μελετάμε και προβλέπουμε την πορεία του)

1.7 Ομοιότητες και διαφορές ΔΟΠ και «Έξι Σίγμα»

Οι πρωτοβουλίες «6 Σίγμα» συσχετίζονται πολύ με τη Διοίκηση Ολικής Ποιότητας TQM (Goeke and Offodile, 2005; Amheiter and Maleyeff, 2005; Thawani, 2004)

Η κατάρτιση στη ΔΟΠ βασίζεται στα γενικά και απλά εργαλεία και στατιστικές τεχνικές, ενώ η πολιτική ποιότητας 6σ εστιάζει στις πιο προηγμένες στατιστικές μεθόδους (όπως το πειραματικό σχέδιο, η ανάλυση ελαττωμάτων, η προσομοίωση) και τέλος τα προγράμματα έξι σίγμα είναι πιο αποδοτικά σε όρους απόδοσης των επενδύσεων (return on investment) από ότι η ΔΟΠ (Snee, 2000; Senapati, 2004; Antony 2006; Green, 2006).

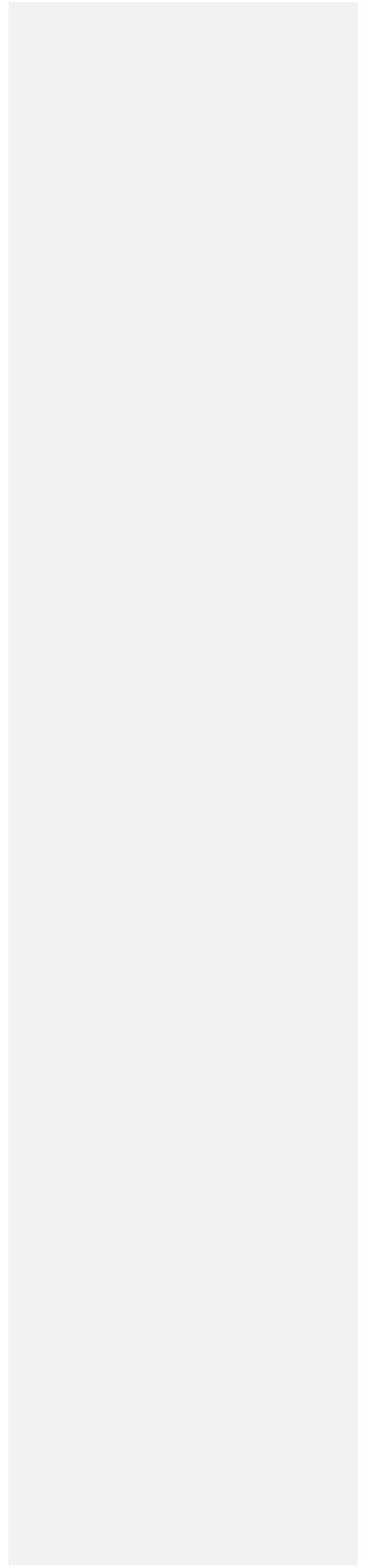
Οι βασικότερες διαφορές μεταξύ του TQM και της πολιτικής ποιότητας «6 Σίγμα» (Πηγή: Pyzdek, 2001)

Είναι ένας λειτουργικός τομέας μέσα στην επιχείρηση.	Εστιάζει στην λειτουργική αξία των υπαλλήλων παρά στο λειτουργικό καταμερισμό εργασίας.
Εστιάζει στην ποιότητα	Εστιάζει στους στρατηγικούς στόχους και τους εφαρμόζει με κόστος, πρόγραμμα και οικονομικά μέτρα
Παρακινείται από τον ποιοτικό ιδεαλισμό	Καθοδηγείται από το όφελος
Παρακολουθεί αόριστα την πρόοδο	Εξασφαλίζει ότι η επένδυση παράγει το αναμενόμενο κέρδος
Εστιάζει στην τυποποιημένη απόδοση	Εστιάζει στην απόδοση της παγκόσμιας τάξης, δηλαδή στο ποσοστό λάθους 3,4 PPM
Οι στόχοι που αναπτύσσονται από το ποιοτικό τμήμα της επιχείρησης βασίζονται σε ποιοτικά κριτήρια	Οι στόχοι που καθορίζονται βασίζονται στην ικανοποίηση των πελατών και στη στρατηγική της ανώτατης διοίκησης της επιχείρησης. Οι στόχοι είναι μετρήσιμοι με συνέπεια να μπορούν να διαπιστωθούν ευκολότερα τα οικονομικά οφέλη από την εφαρμογή της. Οι στόχοι αναθεωρούνται όταν βεβαιωθεί ότι η διεργασία δεν βελτιώνεται
Εστιάζει στα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα. Η αναμενόμενη απόδοση δεν είναι καθορισμένη με σαφήνεια	Το σύστημα «6 Σίγμα» είναι ένα μίγμα μεταξύ βραχυπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων αποτελεσμάτων, όπως υπαγορεύεται από τις επιχειρησιακές απαιτήσεις
Εκτελεί συνεχώς πολυδάπανες επιθεωρήσεις στην παραγωγική διαδικασία και επενδύει στον εξοπλισμό ή στις εγκαταστάσεις με σκοπό τη βελτίωση του προϊόντος ή της διεργασίας χωρίς όμως να επιφέρει τα αναμενόμενα κέρδη	Επενδύει στο ανθρώπινο δυναμικό, στην εκπαίδευση, στη χρήση στατιστικών εργαλείων και τεχνικών για τη μείωση της μεταβλητότητας των διεργασιών και την ικανοποίηση των πελατών και όχι σε πολυδάπανες αγορές εξοπλισμού

Άλλες συγκρίσεις που έχουν γίνει ανάμεσα στις δύο πολιτικές ποιότητας:

- Η πολιτική ποιότητας «6 Σίγμα» είναι μια ισχυρή αλγοριθμική προσέγγιση π.χ. το ότι παρέχει μια χαρτογράφηση των πραγμάτων που γίνονται είναι μια πολύ σημαντική πτυχή που τη διαχωρίζει από το TQM. Ένα δεύτερο ιδιαίτερο χαρακτηριστικό είναι η δυνατότητα της πολιτικής ποιότητας «6 Σίγμα» να ενσωματώνει και να χρησιμοποιεί ισότιμα διάφορα εργαλεία, τεχνικές, στρατηγικές που χρησιμοποιούνται συνήθως μεμονωμένα, μέσω των εφαρμογών DMAIC ή DMADV. Επιπλέον οι αλγόριθμοι είναι αρκετά εύκαμπτοι ώστε να επιτρέπουν και να ενθαρρύνουν το δανεισμό χρήσιμων μεθόδων από άλλους τομείς (professor Rick L. Edgeman, cited in Antony 2009)
- Το TQM έχει περιορισμένη επιτυχία. Η χαμηλή πιθανότητα επιτυχίας αποτρέπει πολλές επιχειρήσεις να το δοκιμάσουν. Το TQM είναι ένα σύνολο οδηγιών και δεν παρέχει κανένα τρόπο να αποδειχθεί αν κάποιος έχει ολοκληρώσει τους στόχους ποιότητας. Η πολιτική ποιότητας «6 Σίγμα» έχει καταδείξει επιτυχία παρέχοντας μια ξεκάθαρη χαρτογράφηση και μια διαδικασία για τη διοίκηση της επιχείρησης (όχι μόνο ποιότητα) (professor Matthew HU, cited in Antony).
- Η πολιτική ποιότητας «6 Σίγμα» δανείζεται πολλά από το TQM: άποψη διαδικασίας, εστίαση στη μείωση της μεταβλητότητας και χρήση στατιστικών μεθόδων. Ωστόσο, η πολιτική ποιότητας «6 Σίγμα» προσπαθεί να εξετάσει αρκετές από τις ελλείψεις του TQM όπως: έλλειψη προσανατολισμού στην χαμηλή γραμμή παραγωγής, έλλειψη αφοσιωμένων πόρων, άτυπη και μη συντονισμένη διαδικασία επιλογής προγράμματος. Η προσθήκη του προσανατολισμού στην χαμηλή γραμμή παραγωγής, οι αφοσιωμένοι πόροι και τα συντονισμένα προγράμματα που επιλέγονται από τη διοίκηση δίνουν αποτελέσματα σε 3 με 4 μήνες ενισχύοντας έτσι σημαντικά την πολιτική ποιότητας «6 Σίγμα» σε σχέση με το TQM. Οπότε είναι απίθανο κάποιος να επιστρέψει στο TQM όταν ξεκινήσει τη δράση «6 Σίγμα» (professor Roger Hoerl, cited in Antony 2009).
- Η πολιτική ποιότητας «6 Σίγμα» είναι προσανατολισμένη στη διαδικασία, στο πρόγραμμα και στο κέρδος σε σχέση με το TQM. Η πολιτική ποιότητας «6 Σίγμα» είναι σαφέστερη από το TQM σε πολλές πτυχές για ποιοτική καινοτομία και βασίζεται στη γνώση πληροφοριών σε σχέση με το TQM (professor Sung Park, cited in Antony 2009).
- Οι περισσότερες από τις μεθόδους και τα εργαλεία «6 Σίγμα» εφαρμόστηκαν στις πρωτοβουλίες TQM οπότε δεν είναι πραγματικά νέα. Η συστηματική και πειθαρχημένη ολοκλήρωση των ισχυρών εργαλείων επίλυσης προβλημάτων και οι τεχνικές στο πλαίσιο DMAIC είναι οι σημαντικότερες προσθήκες στη πολιτική ποιότητας «6 Σίγμα». Μια τέτοια ολοκληρωμένη προσέγγιση έλειπε από τις περισσότερες εφαρμογές TQM. Η πολιτική ποιότητας «6 Σίγμα»

παρέχει την αναγκαία ηγεσία, την επιχειρησιακή φιλοσοφία και την υποδομή για να επιτρέψει στις μεθόδους και τα εργαλεία να επεκταθούν επιτυχώς πέρα από την επιχείρηση. Αυτή η πτυχή έλειπε από τη φιλοσοφία TQM. Δεν υπάρχει καμία σαφής υποδομή για επέκταση TQM σε οποιαδήποτε επιχείρηση. Επίσης θα έπαιρνε πολύ περισσότερο χρόνο να πραγματοποιηθούν οποιαδήποτε οφέλη από την εφαρμογή TQM σε αντιδιαστολή με την πολιτική ποιότητας «6 Σίγμα» (professor Jiju Antony, cited in Antony 2009).



2. ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

2.1 Ανάλυση Δεδομένων

Οι μεταβλητές που εξετάστηκαν είναι τέσσερις και δύο τελικοί δείκτες απόδοσης της διεργασίας. Εξετάζουμε δύο εισόδους στην διεργασία, δύο εξόδους και τον τελικό δείκτη ικανότητας της διεργασίας παραγωγής του προϊόντος. Πρόκειται για δύο Ανεξάρτητες Μεταβλητές οι οποίες θα αναφέρονται ως Ανεξάρτητη Μεταβλητή Α και Ανεξάρτητη Μεταβλητή Β και δύο εξαρτημένες μεταβλητές οι οποίες αναφέρονται ως Εξαρτημένη Μεταβλητή Α και Εξαρτημένη Μεταβλητή Β.

Αρχικά θα εξεταστούν τα δείγματα ως προς τα βασικά στατιστικά μεγέθη τους και έπειτα η συσχέτιση όλων με τους Τελικούς Δείκτες. Για την στατιστική ανάλυση και τα διαγράμματα έγινε χρήση του στατιστικού προγράμματος Minitab. Χρησιμοποιείται επίπεδο εμπιστοσύνης (confidence interval) 95%.

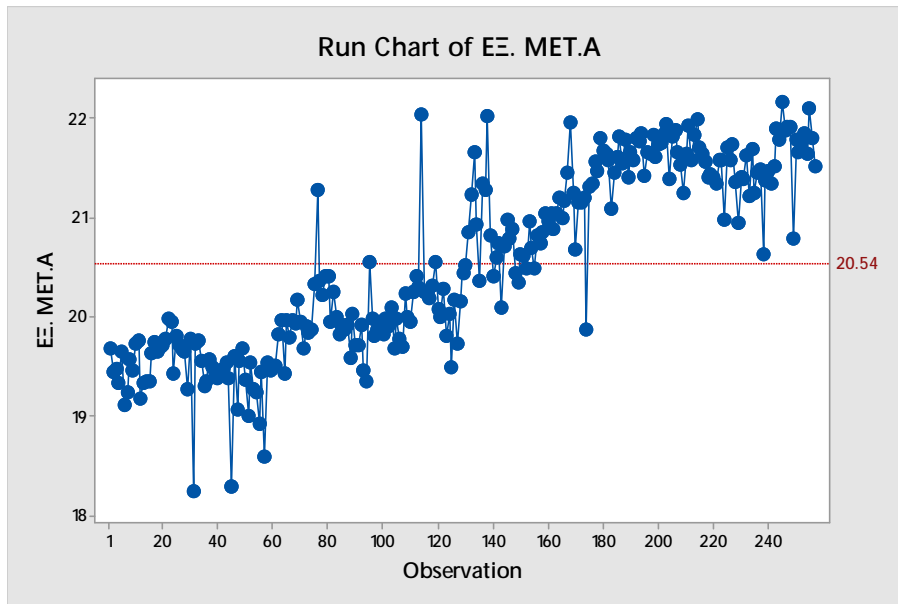
Καθώς η εφαρμογή της μεθοδολογίας 6σ εφαρμόζεται σε δεδομένα που έχουν ήδη καταγραφεί θα προσπαθήσουμε να εξετάσουμε την εικόνα του δείγματος σε σχέση με τους στόχους που έθεσε η διοίκηση και έπειτα να προτείνουμε τρόπους για τον έλεγχο της διεργασίας με εργαλεία όπως Control Charts αφού έχουμε ανακαλύψει πιθανές συσχετίσεις ανάμεσα στις μεταβλητές. Στόχος είναι να μειώσουμε την μεταβλητότητα των παραμέτρων γύρω από τους στόχους της διοίκησης και να θέσουμε την διεργασία υπό στατιστικό έλεγχο.

Το μέγεθος του δείγματος είναι $N=257$ και το διάστημα που καταγράφηκαν οι παρατηρήσεις είναι το έτος 2014 και εννέα μήνες από το έτος 2015.

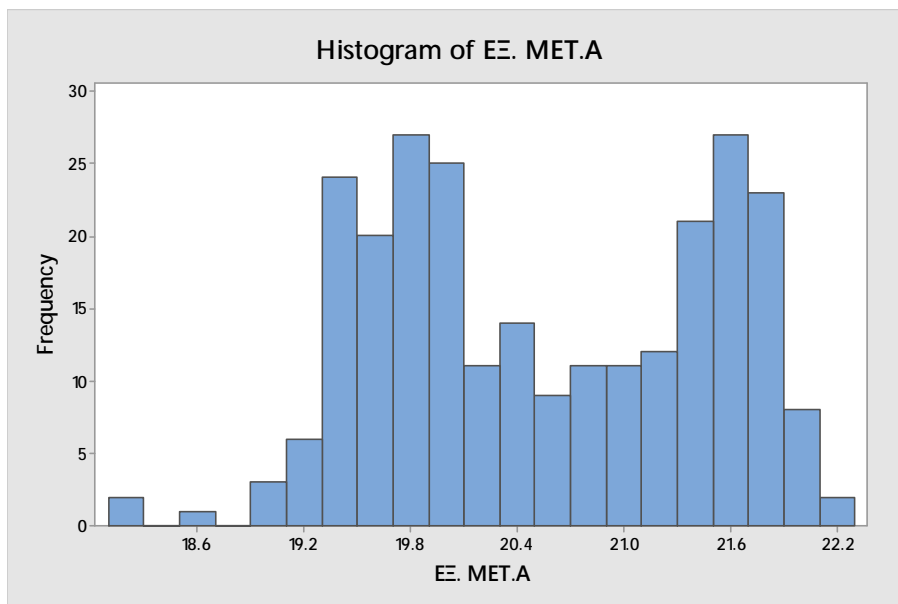
Εξετάζονται αρχικά οι δυο εξαρτημένες μεταβλητές ως προς την κανονικότητα του δείγματος. Πριν εξετάσουμε το δείγμα του τελικού δείκτη, εξετάζουμε την διεργασία ως προς την ομαλότητα και την επιτυχία της να επιτύχει τους στόχους της διοίκησης. Αυτό επιτυγχάνεται εξετάζοντας τις εξόδους τις όπως φαίνεται παρακάτω.

- Εξαρτημένη Μεταβλητή Α

Για το δείγμα της Εξαρτημένης Μεταβλητής Α για το συνολικό δείγμα εμφανίζεται στο Διάγραμμα Χρόνου (Διάγραμμα 2.1.1) η εικόνα σε σχέση με τον μέσο όρο της διεργασίας. Σε αυτό το στάδιο δεν εξετάζουμε ακόμα τους στόχους της διοίκησης, μας ενδιαφέρει η εικόνα του δείγματος και η ικανότητα της διεργασίας. Στο Διάγραμμα 2.1.2 εμφανίζεται το Ιστόγραμμα του δείγματος.



Διάγραμμα 2.1. 1: Διάγραμμα Χρόνου για την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α



Διάγραμμα 2.1. 2: Ιστόγραμμα για την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α

Στο Ιστόγραμμα του δείγματος της Εξαρτημένης Μεταβλητής A εμφανίζεται ένα ανησυχητικό μοτίβο διπλής κορυφής. Το μοτίβο αυτό εμφανίζει μια αστάθεια στην διαδικασία καθώς δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή Gauss με μεταβλητότητα γύρω από τη μέση τιμή. Το μοτίβο διπλής κορυφής εμφανίζει δυο «διαφορετικές διεργασίες», άρα μεγάλη μεταβλητότητα.

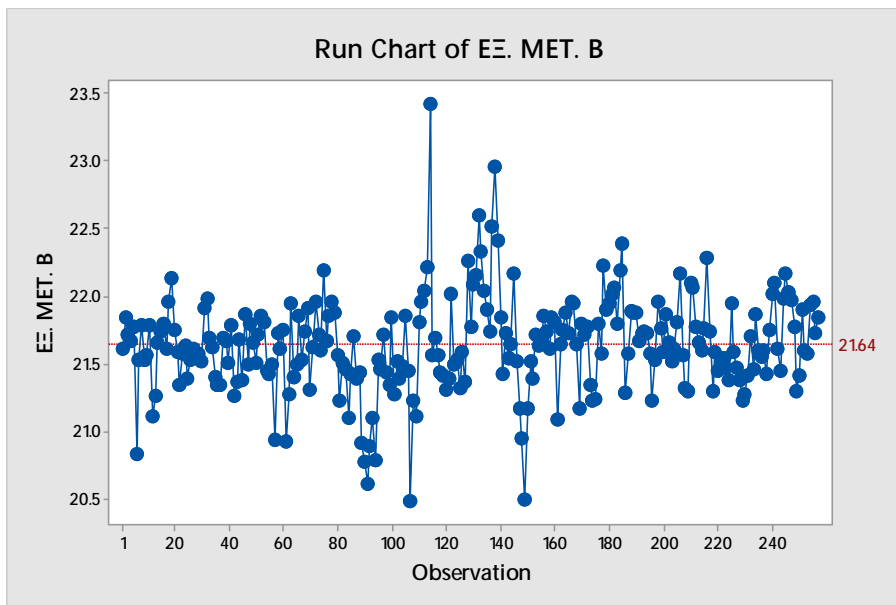
Τα χαρακτηριστικά στατιστικά μεγέθη υπολογίστηκαν στον Πίνακα 2.1.1:

Μέγεθος δείγματος	Τυπική Απόκλιση	Εύρος	Διάμεσος	Μέση Τιμή
257	0,922	3,093	20,41	20,54

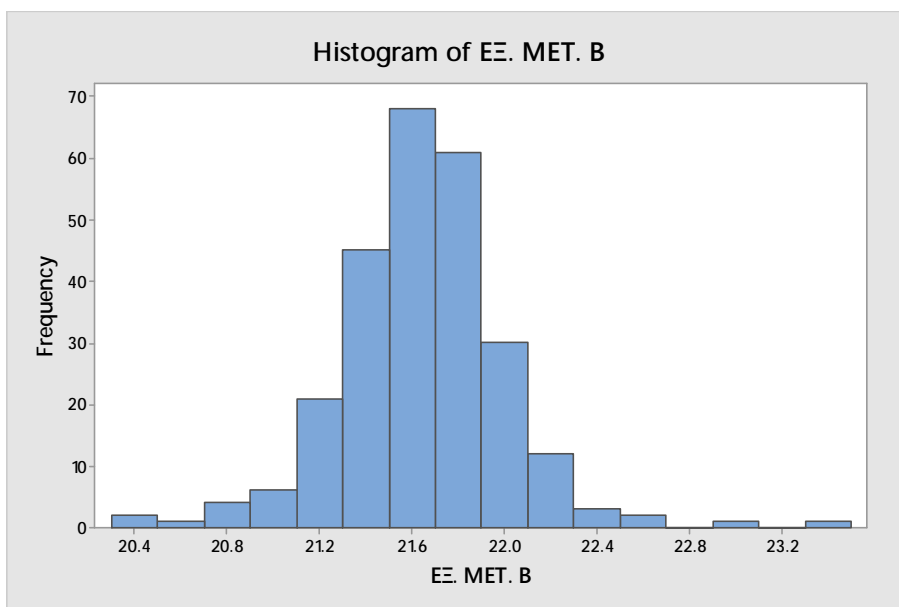
Πίνακας 2.1. 1: Χαρακτηριστικά στατιστικά μεγέθη για την Εξαρτημένη Μεταβλητή A

- Εξαρτημένη Μεταβλητή B

Η μεταβλητότητα της Εξαρτημένης Μεταβλητής B βρίσκεται πιο κοντά στον μέσο όρο της διεργασίας όπως φαίνεται στο Διάγραμμα Χρόνου(Διάγραμμα 2.1.3).



Διάγραμμα 2.1. 3: Διάγραμμα Χρόνου για την Εξαρτημένη Μεταβλητή B



Διάγραμμα 2.1. 4: Ιστόγραμμα για την Εξαρτημένη Μεταβλητή B

Στο Ιστόγραμμα (Διάγραμμα 2.1.4) απεικονίζεται η συχνότητα των εξόδων της Εξαρτημένης Μεταβλητής B όπως καταγράφηκε. Η εικόνα της εξόδου αυτής είναι πολύ κοντά στην κανονική κατανομή με μόνο λίγες παρατηρήσεις μακριά από την μέση τιμή.

Τα χαρακτηριστικά στατιστικά μεγέθη υπολογίστηκαν στον Πίνακα 2.1.2:

Μέγεθος δείγματος	Τυπική Απόκλιση	Εύρος	Διάμεσος	Μέση Τιμή
257	0,357	2,94	21,62	21,64

Λόγω της παραπάνω ανάλυσης επιλέγεται να αναλυθεί το δείγμα της Εξαρτημένης Μεταβλητής A. Είναι κρίσιμο να αναγνωρίσουμε τα αίτια πίσω από την αστάθεια της εξόδου και να θέσουμε τις αντίστοιχες μεταβλητές υπο στατιστικό έλεγχο.

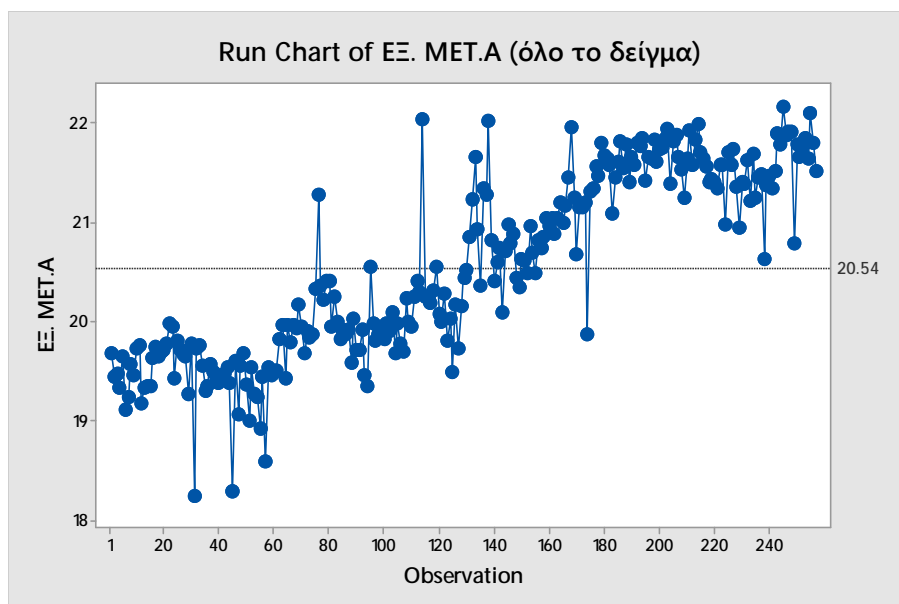
Εκτενής ανάλυση του δείγματος της Εξαρτημένης Μεταβλητής A γίνεται στο κεφάλαιο 2.2.

2.2 Ανάλυση συνολικού δείγματος Εξαρτημένης Μεταβλητής A

Αρχικά κατασκευάζεται Διάγραμμα Ροής (Run chart) για την Εξαρτημένη Μεταβλητή A για όλο το δείγμα όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 2.2.1.

Στο διάγραμμα ροής βλέπουμε μια πρώτη εικόνα για το δείγμα εμφανίζεται ένα ανοδικό μοτίβο. Εμφανίζεται, λοιπόν, η αδυναμία της παραγωγικής διαδικασίας.

Αρχικά το 2014 παραμένει χαμηλή η τιμή της Εξαρτημένης Μεταβλητής A (1-106 παρατηρήσεις) και έπειτα εμφανίζεται μια ανοδική πορεία.



Διάγραμμα 2.2. 1 Διάγραμμα Χρόνου (Run Chart) για την Εξαρτημένη Μεταβλητή A για όλο το δείγμα

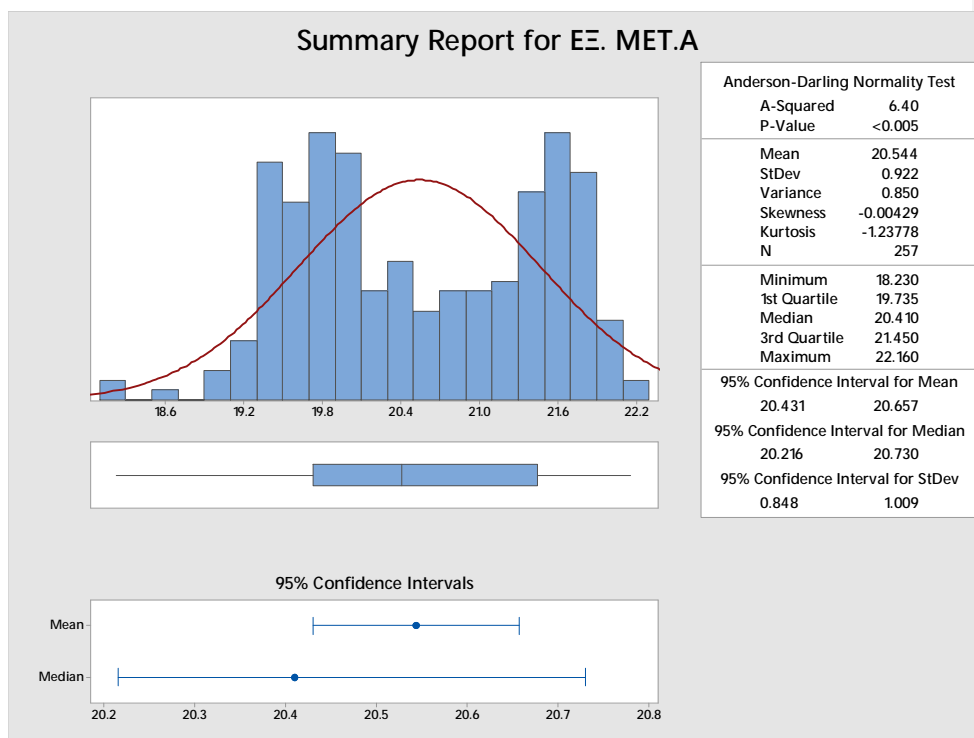
Για το συνολικό δείγμα της Εξαρτημένης Μεταβλητής A ισχύουν τα παρακάτω στατιστικά μεγέθη (Πίνακας 2.2.1):

Μέγεθος δείγματος	Τυπική Απόκλιση	Εύρος	Διάμεσος	Μέση Τιμή
257	0,922	3,093	20,41	20,54

Πίνακας 2.2. 1: Πίνακας στατιστικών μεγεθών Εξαρτημένης Μεταβλητής A

Η τυπική απόκλιση του δείγματος είναι σημαντικά μεγάλη και όπως εμφανίζεται στο Διάγραμμα 2.2.1 δεν υπάρχει σταθερή μεταβλητότητα γύρω από τη μέση τιμή.

Στο βήμα αυτό κατασκευάζεται ένα Διάγραμμα Χαρακτηριστικών Μεγεθών (Descriptive Statistics) όπως φαίνεται στο Διάγραμμα



Διάγραμμα 2.2. 2: Διάγραμμα Χαρακτηριστικών Μεγεθών για την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α

Όπως φαίνεται στο ιστόγραμμα του Διαγράμματος 2.2.2 κάθε κορυφή είναι μια κανονική κατανομή, αλλά ομαδοποιημένα είναι εμφανές ότι δεν δημιουργούν κανονική κατανομή αντίστοιχα.

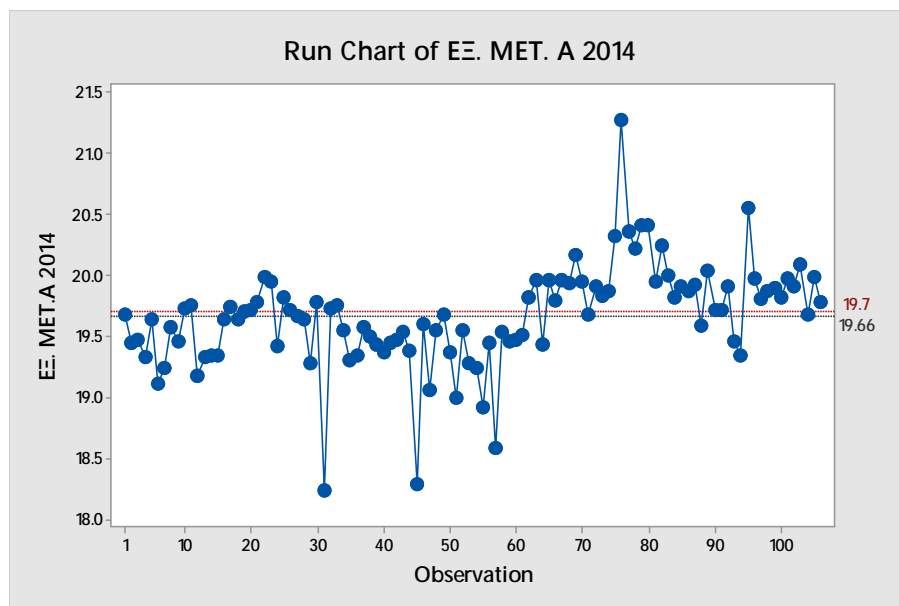
Η τιμή του P Value είναι $P - Value < 0,005$ το οποίο αποδεικνύει ότι το δείγμα δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή Gauss. Αναμέναμε αυτό το αποτέλεσμα μετά την εικόνα του Διαγράμματος Χρόνου.

Λόγω του ότι το δείγμα είναι μεγάλο και παρουσιάζει αυτή τη διαφορετική εικόνα αναλύεται σε υποδείγματα παρακάτω. Τα υποδείγματα αυτά δημιουργούνται με σκοπό να εξετάσουμε το δείγμα σε μικρότερα μεγέθη.

- Ανάλυση δείγματος για τη χρονιά του 2014 για την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α

Ο στόχος της Εξαρτημένης Μεταβλητής Α για το 2014, είχε καθοριστεί από την διοίκηση στο κατώτατο όριο 19,7. Παρακάτω θα εξεταστεί το δείγμα του 2014 για την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α. Για το δείγμα του 2014 προκύπτει το Διάγραμμα Χρόνου όπως φαίνεται παραπάνω.(Διάγραμμα 2.2.3)

Παρατηρούμε με την πρώτη ματιά στο διάγραμμα ότι υπάρχουν ακραία σημεία πάνω και κάτω από το μέσο όρο (γκρι γραμμή). Επίσης εμφανίζεται ο στόχος 19,7 (κόκκινη γραμμή), παρόλο που στο σύνολο της χρονιάς φτάσαμε κοντά σε αυτό το νούμερο, φαίνεται να μην αντιπροσωπεύει περίπου το πρώτο εξάμηνο της χρονιάς αφού είναι ελάχιστες οι φορές που επιτυγχάνεται ή ξεπερνιέται.



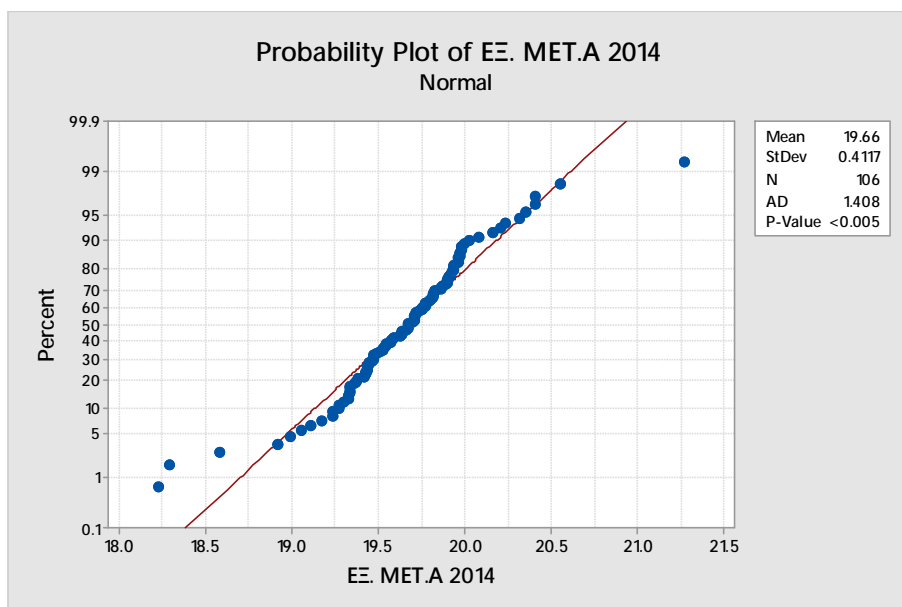
Διάγραμμα 2.2. 3: Διάγραμμα Χρόνου (Run Chart) για την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α για το 2014

Για το δείγμα αυτό ισχύουν τα εξής(Πίνακας 2.2.2):

Μέγεθος δείγματος	Τυπική Απόκλιση	Εύρος	Διάμεσος	Μέση Τιμή
106	0,412	3,04	19,67	19,66

Πίνακας 2.2. 2: Πίνακας στατιστικών μεγεθών Εξαρτημένης Μεταβλητής Α για το δείγμα του 2014

Ο μέσος όρος του δείγματος είναι πολύ κοντά στο στόχο της διοίκησης για την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α για το 2014. Αυτό όμως δεν σημαίνει απαραίτητα ότι η διαδικασία είναι εντός στατιστικού ελέγχου. Δημιουργείται ένα διάγραμμα ώστε να εξετασθεί η κανονικότητα του δείγματος σε σχέση με την κανονική κατανομή Gauss.

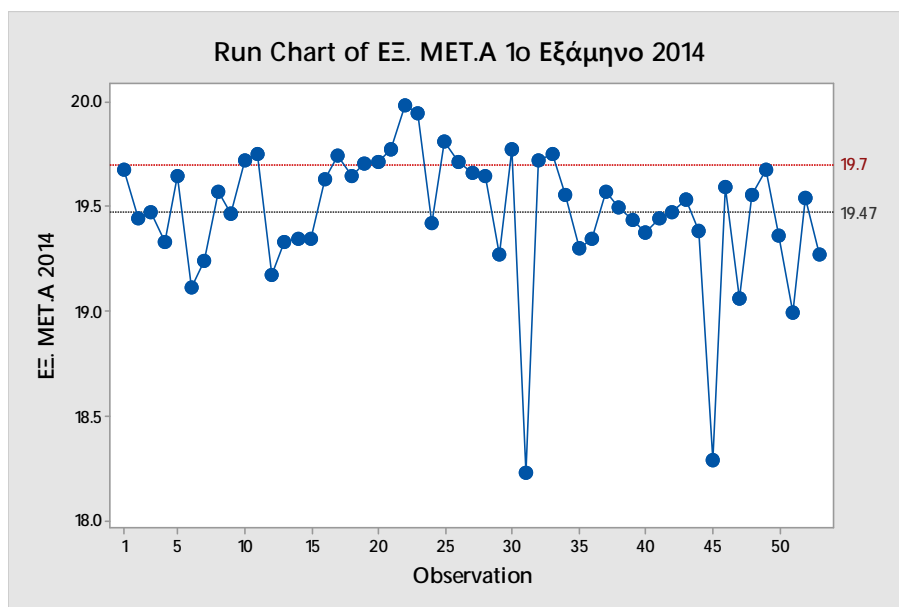


Διάγραμμα 2.2. 4: Διάγραμμα Κανονικότητας Πιθανότητας για την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α για το δείγμα του 2014

Εμφανίζεται στο Διάγραμμα(2.2.4) η κατανομή του δείγματος της Εξαρτημένης Μεταβλητής Α σε σχέση με την κανονική. Εξετάζεται ως προς την κανονικότητα του το δείγμα του 2014. Εμφανίζονται αποκλίσεις στις πιθανότητες του δείγματος και ακραία σημεία μακριά από την κανονική κατανομή.

Τέλος, το $P - Value < 0.005$ ερμηνεύεται στο ότι το δείγμα μας δεν εμφανίζεται η Κανονική Κατανομή Gauss.

Το δείγμα του 2014 χωρίζεται σε μικρότερα δείγματα χρονολογικά ώστε να αφαιρεθούν τα ακραία σημεία βάση της μέσης τιμής μικρότερων δειγμάτων:



Διάγραμμα 2.2. 5: Διάγραμμα Χρόνου (Run Chart) για την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α για το πρώτο εξάμηνο του 2014

Στο Διάγραμμα 2.2.5, απεικονίζεται μόνο το πρώτο εξάμηνο του 2014 για την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α και δυο σημεία αναφοράς. Το πρώτο είναι το 19,7 (κόκκινο) το οποίο ήταν το κατώτατο όριο για την Μεταβλητή για τη χρονιά του 2014. Το δεύτερο σημείο αναφοράς είναι η μέση τιμή του δείγματος η οποία είναι 19,47 (γκρι).

Για το δείγμα του πρώτου εξαμήνου του 2014 ισχύουν (Πίνακας 2.2.3):

Μέγεθος δείγματος	Τυπική Απόκλιση	Εύρος	Διάμεσος	Μέση Τιμή
53	0,323	1,75	19,53	19,47

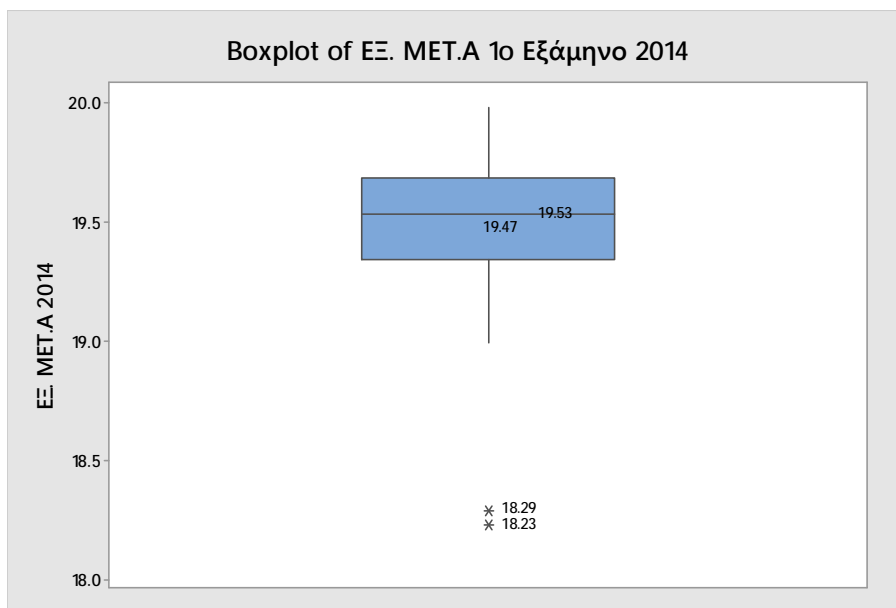
Πίνακας 2.2. 3: Πίνακας στατιστικών μεγεθών Εξαρτημένης Μεταβλητής Α για το πρώτο εξάμηνο 2014

Παρατηρείται στο δείγμα η μεγάλη απόκλιση του μέσου όρου από τον στόχο της διοίκησης. Υποθέτουμε ότι δεν υπήρχαν οι κατάλληλες συνθήκες ή και γνώση στην γραμμή παραγωγής ώστε να επιτευχθεί ο στόχος το πρώτο εξάμηνο του 2014. Παρόλα αυτά το εύρος και η τυπική απόκλιση είναι χαμηλά ακόμη πριν την αφαίρεση των ακραίων σημείων που υπάρχουν στο δείγμα και εμφανίζονται στο Διάγραμμα Χρόνου(Διάγραμμα 2.2.5)

Είναι σημαντικό οι στόχοι που θέτονται για την παραγωγή να είναι εύκολα επιτευκτοί. Έτσι επέρχεται άμεσα η επίτευξη του στόχου και συνεχώς στοχεύουμε στη συνεχή βελτίωση της διεργασίας. Είναι επίσης σημαντικό να βρισκόμαστε σε μια διεργασία σταθερής μεταβλητότητας όταν θέτουμε υψηλούς στόχους και η διεργασία αυτή να βρίσκεται υπο στατιστικό έλεγχο. Παράλληλα καθώς επιτυγχάνονται οι στόχοι ανεβαίνει το ηθικό της ομάδας.

Εμφανίζονται επίσης στο δείγμα δυο σημεία τα οποία είναι εκτός Στατιστικού Ελέγχου και για τα οποία δεν έχουμε περεταίρω δεδομένα ώστε να κατανοήσουμε τις τιμές. Δεδομένα σαν αυτά θα αποκλειστούν από το δείγμα ώστε να μειώσουμε το εύρος και την τυπική απόκλιση ώστε να έχουμε ένα πιο αντιπροσωπευτικό δείγμα τιμών. Τα σημεία αυτά λέγονται ακραίες τιμές (outliers) του δείγματος τα οποία ανάγονται σε ειδικά αίτια στην γραμμική παραγωγή.

Για να εντοπίσουμε αυτές τις ακραίες τιμές (outliers) που οφείλονται στα ειδικά αίτια που προαναφέρθηκαν κατασκευάζουμε ένα θηκόγραμμα (boxplot) το οποίο θα συνοψίσει τα βασικά περιγραφικά μέτρα του δείγματος. Εμφανίζεται η διάμεσος και ο μέσος όρος στον κάθετο άξονα. Το θηκόγραμμα εκτός από τον εντοπισμό ακραίων τιμών καθώς μας προϊδεάζει για την σχηματική μορφή της κατανομής και ως προς την ασυμμετρία που πιθανώς να εμφανιστεί. Τα πάνω και κάτω όρια από τη μέση τιμή εμφανίζουν σχηματικά την κατανομή των τιμών.



Διάγραμμα 2.2. 6: Θηκόγραμμα για την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α για το 1ο Εξάμηνο του 2014

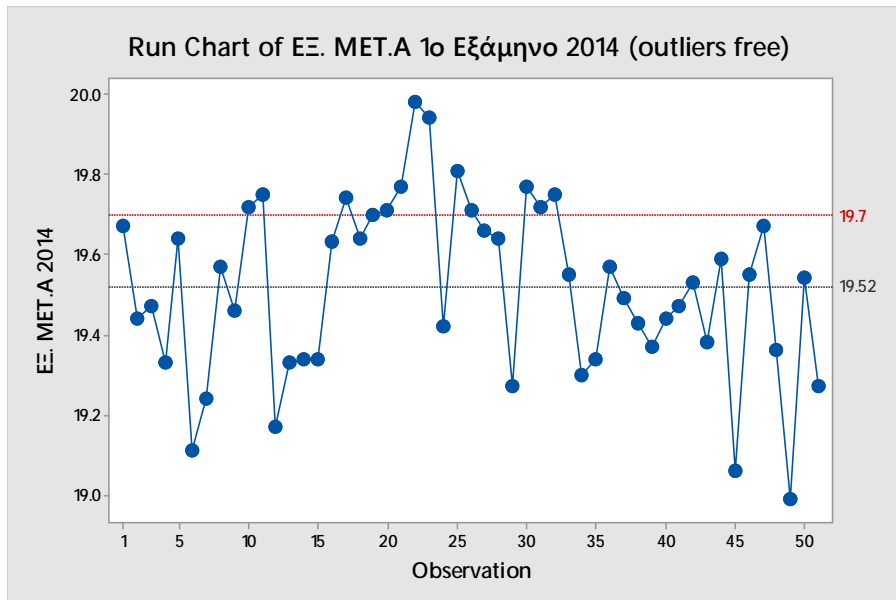
Στο θηκόγραμμα του δείγματος του 1^{ου} εξαμήνου του 2014 στο Διάγραμμα 2.2.6 είναι εμφανή τα δύο σημεία τα οποία θεωρήσαμε νωρίτερα ακραίες τιμές του δείγματος (Outliers). Τα σημεία αυτά είναι τα ίδια τα οποία βγήκαν εκτός στατιστικού ελέγχου στο Διάγραμμα Χρόνου (Run Chart) και αντιστοιχούν στις παρατηρήσεις 39 και 53 του δείγματος της χρονιάς 2014.

Για το δείγμα του 1^{ου} εξαμήνου του 2014 ισχύουν τα εξής πριν και μετά την αφαίρεση των ακραίων τιμών.(Πίνακας 2.2.4)

Μέγεθος δείγματος	Τυπική Απόκλιση	Εύρος	Διάμεσος	Μέση Τιμή
53	0,323	1,75	19,53	19,47
51	0,218	0,99	19,54	19,52

Πίνακας 2.2. 4: Σύγκριση των μεγεθών του δείγματος της Εξαρτημένης Μεταβλητής Α για το Πρώτο Εξάμηνο του 2014 πριν και μετά την αφαίρεση των ακραίων τιμών

Τελικά η εικόνα του Διαγράμματος Ελέγχου της Ανεξάρτητης Μεταβλητής Α για το πρώτο εξάμηνο του 2014 φαίνεται στο Διάγραμμα 2.2.7. Σημαντικό είναι ότι ακόμη και μετά την αφαίρεση των ακραίων τιμών ο μέσος όρος του εξαμήνου παραμένει 0,18 μονάδες κάτω από το στόχο της διοίκησης.



Διάγραμμα 2.2. 7: : Διάγραμμα Χρόνου (Run Chart) για την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α για το 1ο Εξάμηνο του 2014 μετά την αφαίρεση των ακραίων τιμών

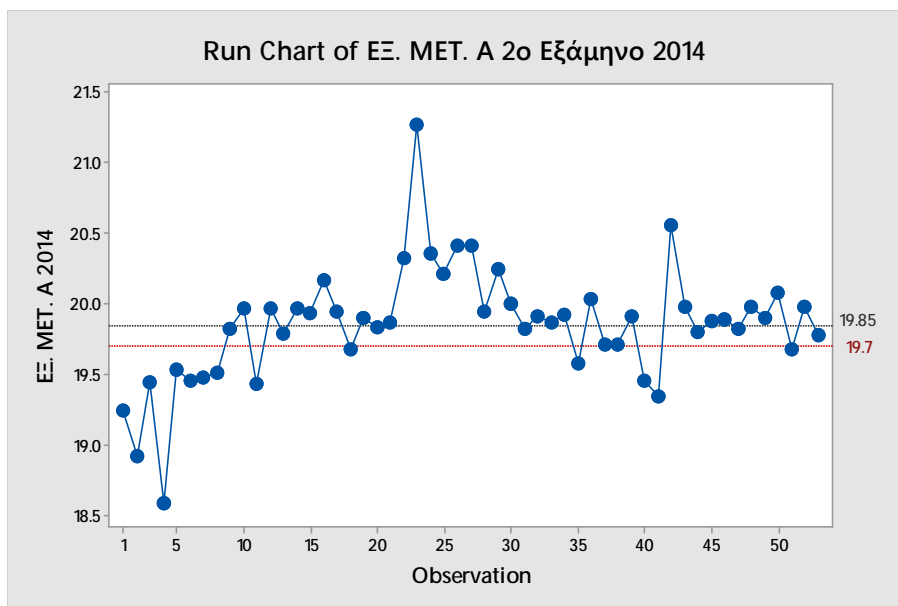
Παρόλο που δεν επιτεύχθηκε ο στόχος της διοίκησης για το 1ο εξάμηνο του 2014 μετά την αφαίρεση των ακραίων τιμών το εύρος και η απόκλιση του δείγματος μειώθηκαν σημαντικά(Πίνακας 2.2.4). Ιδανικά τα δεδομένα των συγκεκριμένων παρατηρήσεων έχουν ενδιαφέρον να αναλυθούν ως ειδικά αίτια(θετικά, αρνητικά).

Αντίστοιχα θα εξεταστεί η Εξαρτημένη Μεταβλητή Α για το δεύτερο εξάμηνο.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η εικόνα του δεύτερου εξαμήνου του 2014 για την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 2.2.8. Στο εξάμηνο αυτό

η παραγωγή όχι μόνο πέτυχε τον στόχο αλλά τον ξεπέρασε κατά 0,15 μονάδες. Υπάρχει σημαντική αύξηση του μέσου όρου(γκρι) που ξεπερνάει το στόχο (κόκκινο).

Το Διάγραμμα Χρόνου (Run Chart) του Δεύτερου Εξαμήνου του 2014 εμφανίζεται στο Διάγραμμα 2.2.8.



Διάγραμμα 2.2. 8 Διάγραμμα Χρόνου (Run Chart) για την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α για το Δεύτερο Εξάμηνο του 2014

- Σύγκριση των χαρακτηριστικών στατιστικών μεγεθών των δειγμάτων 1^{ου} και 2^{ου} εξαμήνου για το έτος 2014 πριν την αφαίρεση των ακραίων τιμών(Πίνακας:

Δείγμα	Μέγεθος	Τυπική Απόκλιση	Εύρος	Διάμεσος	Μέση Τιμή
1 ^{ου} 2014	53	0,323	1,75	19,53	19,47
2 ^{ου} 2014	53	0,405	2,69	19,89	19,85

Πίνακας 2.2. 5:Σύγκριση των στατιστικών μεγεθών για τα δύο δείγματα του 2014 πριν την αφαίρεση ακραίων τιμών

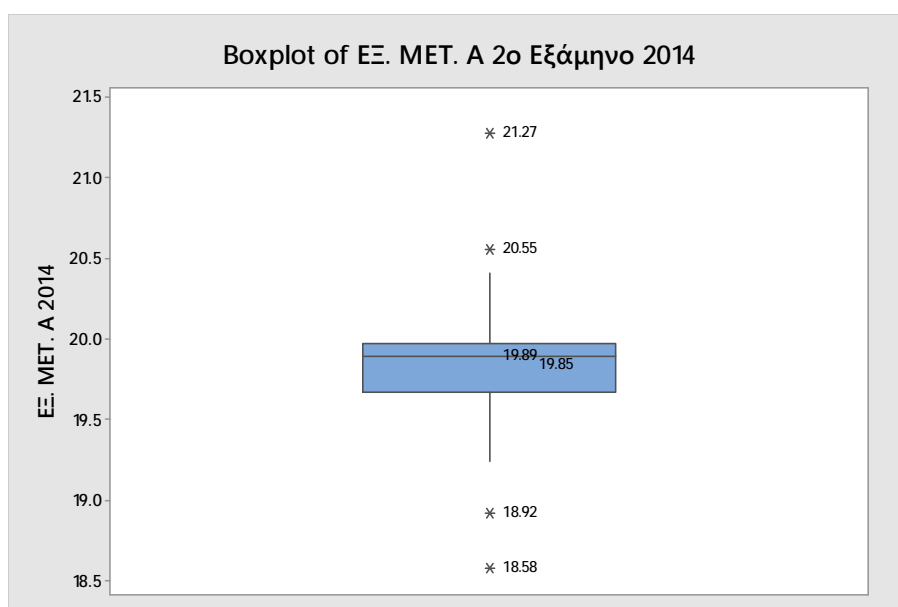
Είναι εμφανής η αλλαγή καθώς από το δεύτερο εξάμηνο του 2014 ο μέσος όρος της εξόδου της Εξαρτημένης Μεταβλητής Α έχει αυξηθεί κατά 1%. Η αλλαγή οφείλεται σε κάποιο γενικό αίτιο, κάποια αλλαγή στην γραμμή παραγωγής ή στον τρόπο παραγωγής του προϊόντος.

Θα μπορούσαμε επίσης να υποθέσουμε ότι πρόκειται για ένα νέο προϊόν ή διεργασία στην γραμμή παραγωγής και για αυτό και να δικαιολογείται η έλλειψη μεταβλητότητας γύρω από τη μέση τιμή του δείγματος και τον στόχο της διοίκησης το πρώτο εξάμηνο.

Τα ακραία σημεία του δείγματος της Εξαρτημένης Μεταβλητής A για το 2^ο εξάμηνο του 2014 εμφανίζονται στο θηκόγραμμα στο Διάγραμμα 2.2.9. Στον Πίνακα 2.2.6 εμφανίζονται οι τιμές πριν και μετά την αφαίρεση των ακραίων τιμών :

Μέγεθος	Τυπική Απόκλιση	Εύρος	Διάμεσος	Μέση Τιμή
53	0,405	2,69	19,89	19,85
49	0,272	1,17	19,89	19,85

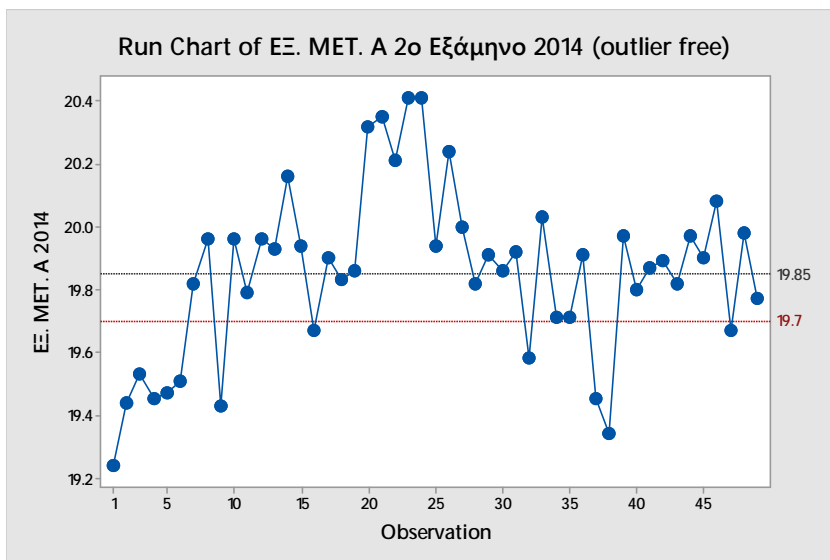
Πίνακας 2.2. 6: Σύγκριση των χαρακτηριστικών μεγεθών του δείγματος της Εξαρτημένης Μεταβλητής A για το 2014 πριν και μετά την αφαίρεση των ακραίων τιμών



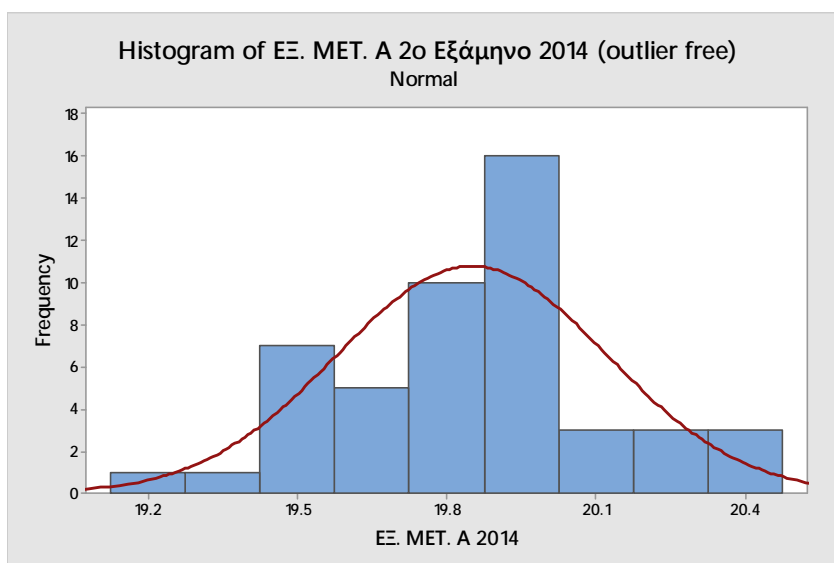
Διάγραμμα 2.2. 9: : Θηκόγραμμα για την Εξαρτημένη Μεταβλητή A για το Δεύτερο Εξάμηνο του 2014

Το Διάγραμμα Χρόνου (Run Chart) μετά την αφαίρεση των ακραίων σημείων για την Εξαρτημένη Μεταβλητή A για το δεύτερο εξάμηνο του 2014 εμφανίζεται στο Διάγραμμα 2.2.10.

Στο Διάγραμμα 2.2.11 εμφανίζεται ένα Ιστογράμμα για την Εξαρτημένη Μεταβλητή A. Παρατηρούμε ότι οι παρατηρήσεις κυμαίνονται γύρω από το μέσο όρο του δείγματος αλλά το δείγμα δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή.



Διάγραμμα 2.2. 10 Διάγραμμα Χρόνου (Run Chart) για την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α για το Δεύτερο Εξάμηνο του 2014 μετά την αφαίρεση των ακραίων τιμών



Διάγραμμα 2.2. 11: Ιστόγραμμα για την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α για το Δεύτερο Εξάμηνο του 2014 μετά την αφαίρεση των ακραίων τιμών.

- Συνολική εικόνα δείγματος Εξαρτημένης Μεταβλητής A για το 2014

Τελικά αν εξετάσουμε συνολικά το έτος μετά τον παραπάνω στατιστικό έλεγχο για την Εξαρτημένη Μεταβλητή A προκύπτει σημαντική μείωση του εύρους και της τυπικής απόκλισης. Δεν εμφανίζεται όμως αλλαγή στο μέσο όρο του δείγματος. Αυτό συνεπάγεται ότι δεν είναι τα ειδικά αίτια που δεν επέτρεψαν να επιτύχουμε το στόχο της διοίκησης. Είναι γενικά αίτια και έλλειψη γνώσης της παραγωγικής διαδικασίας τα οποία προκαλούν την μεγάλη μεταβλητότητα.

Για το δείγμα της Εξαρτημένης Μεταβλητής A για το 2014 συνολικά πριν και μετά την αφαίρεση των ακραίων σημείων, ισχύει (Πίνακας :

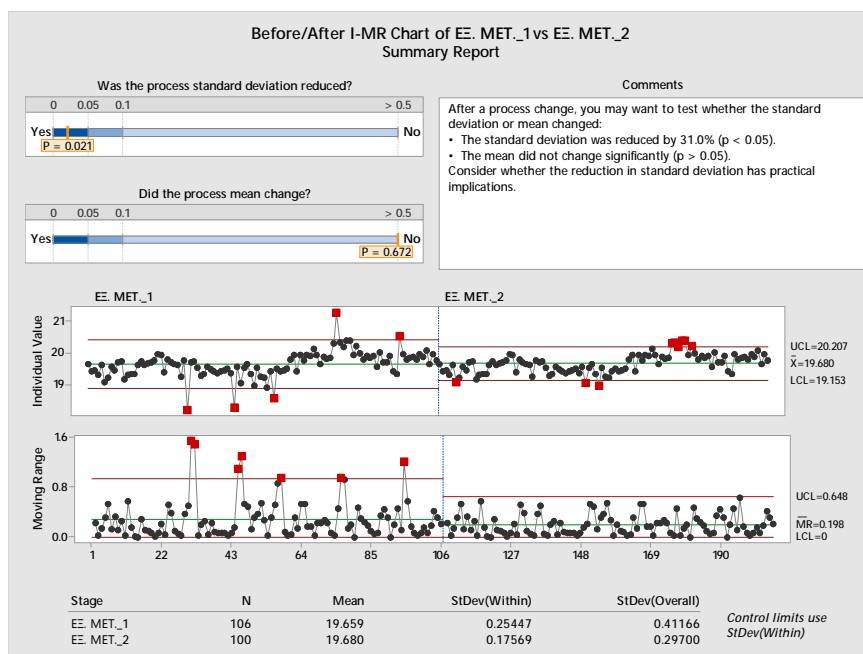
Μέγεθος	Τυπική Απόκλιση	Εύρος	Διάμεσος	Μέση Τιμή
106	0,41	3,04	19,67	19,66
100	0,3	1,42	19,68	19,68

Πίνακας 2.2. 7: Σύγκριση των χαρακτηριστικών μεγεθών του δείγματος για την Εξαρτημένη Μεταβλητή A για το 2014 πριν και μετά την αφαίρεση των ακραίων τιμών

Γραφικά τα παραπάνω εμφανίζονται στα Διαγράμματα Ελέγχου(Διάγραμμα 2.2.12). Το πρώτο διάγραμμα είναι για το δείγμα της Εξαρτημένης Μεταβλητής A για το 2014 πριν την αφαίρεση των ακραίων τιμών. Το δεύτερο παρουσιάζει το δείγμα μετά την αφαίρεση των ακραίων τιμών του δείγματος.

Τα όρια ελέγχου (control limits) υπολογίζονται ως $UCL = \bar{x} + 3\sigma$ $LCL = \bar{x} - 3\sigma$

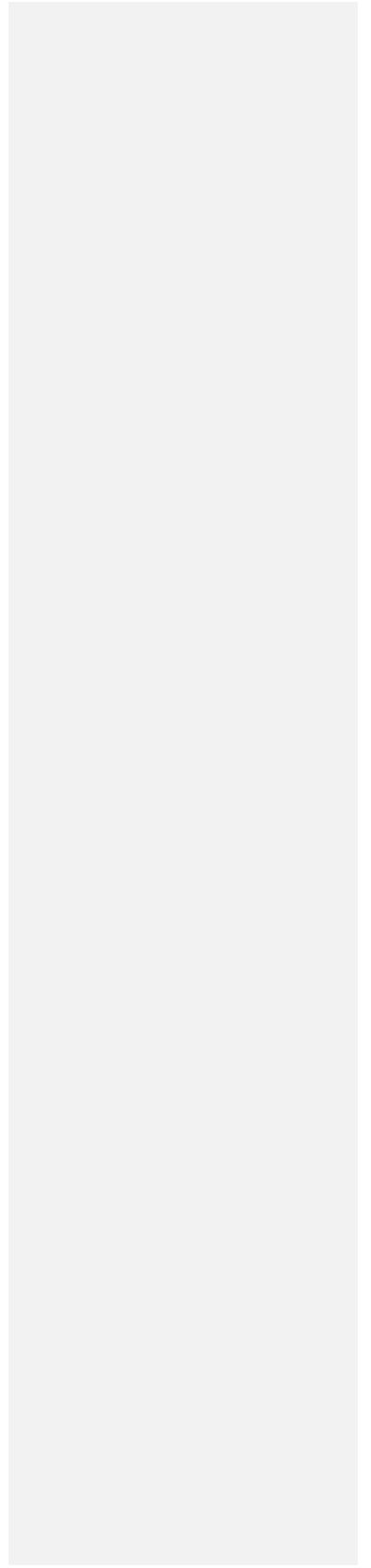
Η τυπική απόκλιση του δείγματος μειώθηκε κατά 31%.



Διάγραμμα 2.2. 12: Διαγράμματα Ελέγχου πριν και μετά την αφαίρεση των ακραίων τιμών για την Ανεξάρτητη Μεταβλητή Α για το δείγμα του 2014

- Παρατηρήσεις σχετικά με την αφαίρεση των ακραίων τιμών και το δείγμα του 2014

Το δείγμα το οποίο έχει καταγραφεί κατά την διάρκεια του χρονικού έτους 2014 (106 παρατηρήσεις) είναι εκτός στατιστικού ελέγχου με μεγάλη τυπική απόκλιση. Οι τιμές του δείγματος δηλαδή βρίσκονται κατανεμημένες μακριά από το μέσο όρο του δείγματος και μακριά από το στόχο της διοίκησης. Το κάθε εξάμηνο ξεχωριστά έχει μικρό εύρος και τυπική απόκλιση όμως δεν επιτυγχάνετε ο στόχος της διοίκησης, οπότε καταλήγουμε να έχουμε μικρή μεταβλητότητα γύρω από τη «λάθος» μέση τιμή. Παρόλη τη διαδικασία αφαίρεσης των ακραίων τιμών δεν καταφέραμε να αυξήσουμε το μέσο όρο του δείγματος.

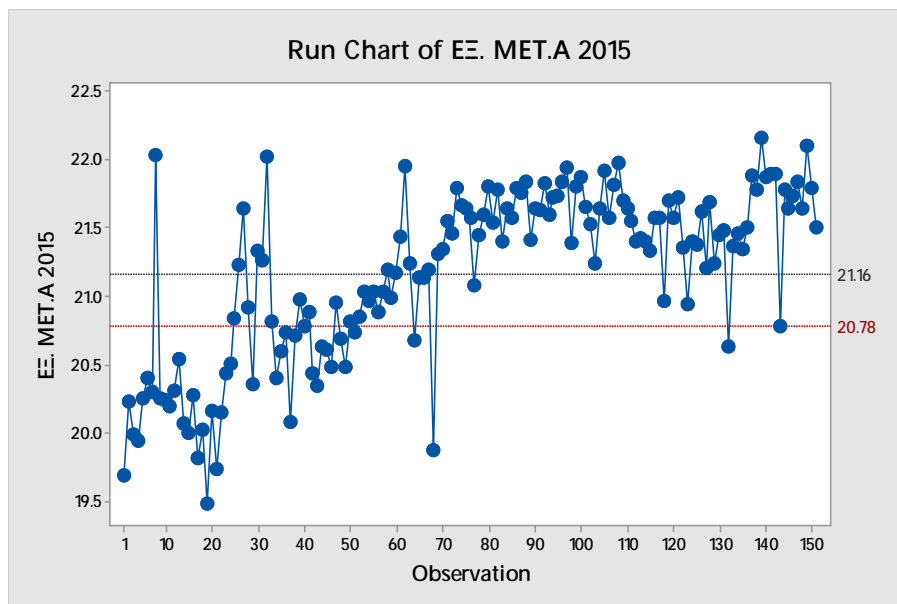


- Ανάλυση Εξαρτημένης Μεταβλητής A για το δείγμα του 2015

Διαφορετική φαίνεται να είναι η εικόνα για την Εξαρτημένη Μεταβλητή A για το 2015 όπου ο ετήσιος μέσος όρος της εξόδου αυξάνεται από $\bar{x} = 19.68$ σε $\bar{x} = 21,16$. Το Διάγραμμα Χρόνου (Run Chart) για την Εξαρτημένη Μεταβλητή A για 9 μήνες παρατηρήσεων το 2015 φαίνεται παρακάτω στο Διάγραμμα 2.2.13. Παρόλο που το διάστημα παρατηρήσεων είναι μικρό, το δείγμα έχει ικανοποιητικό αριθμό παρατηρήσεων με $N = 151$ σε αντίθεση με το δείγμα του 2014 με $N = 106$ πριν την αφαίρεση των ακραίων τιμών, και $N = 100$ μετά.

Η παραγωγή του συγκεκριμένου προϊόντος αυξάνεται από ότι φαίνεται από τα μεγέθη των δειγμάτων. Ίσως η διοίκηση στην προσπάθεια να μεγαλώσει τον αριθμό των παραγόμενων προϊόντων και πιθανώς και να μειώσει το χρόνο παραγωγής του προϊόντος δεν έδωσε την απαραίτητη προσοχή στην διεργασία.

Παρόλα αυτά οι τιμές τις εξόδου τις διεργασίας αυξάνονται σημαντικά το 2015 και επιτυγχάνουν και τους στόχους της διοίκησης σε αντίθεση με το 2014. Η ανοδική πορεία της Εξαρτημένης Μεταβλητής A εμφανίζεται γραφικά στο Διάγραμμα 2.2.13. Χαρακτηριστικά φαίνεται η μέση τιμή του δείγματος $\bar{x} = 21,16$ που βρίσκεται 0,38 μονάδες πάνω από το μέσο όρο των στόχων της διοίκησης.



Διάγραμμα 2.2. 13: Διάγραμμα Χρόνου (Run Chart) για την Εξαρτημένη Μεταβλητή A για το 2015

Οι στόχοι της διοίκησης μεταβλήθηκαν αρκετές φορές μέσα στο διάστημα των παρατηρήσεων. Η ανοδική πορεία της εξόδου της διεργασίας ανάγκασε την διοίκηση να επαναπροσδιορίσει τους στόχους αρκετά αφού η παραγωγή φαίνεται πλέον έτοιμη να ξεπεράσει τον μέσο όρο της περασμένης χρονιάς. Στο πίνακα εμφανίζονται αναλυτικά οι στόχοι της διοίκησης στο διάστημα των παρατηρήσεων όπως και ο αριθμός των παρτίδων για τον κάθε στόχο.

Target	Dates	Count
19.7	9/1-26/1	9
20.3	28/1-9/3	18
20.8	12/3-14/5	30
21	18/5-21/5	3
21.3	25/5-2/8	26
21.6	6/8-24/9	64

Πίνακας 2.2. 8: Στόχοι της διοίκησης για την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α για το 2015

Το έτος αυτό έχει πολύ διαφορετική εικόνα από το προηγούμενο. Η αύξηση της μέσης τιμής της εξόδου μαρτυρά μια αλλαγή στην παραγωγική διαδικασία και γνώση που πιθανώς προηγουμένως να μην υπήρχε. Θα μπορούσε εδώ να θεωρηθεί ότι οι ανεβασμένες τιμές της μεταβλητής κατά το 2^ο εξάμηνο του 2014 και τελικά η επίτευξη τους στόχους παραγωγής οφείλονται σε κάποιο γενικό θετικό αίτιο.

Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται τα χαρακτηριστικά στατιστικά μεγέθη της Εξαρτημένης Μεταβλητής Α για το 2014 και 2015 πριν την αφαίρεση των ακραίων τιμών. Χαρακτηριστική είναι η τυπική απόκλιση για το 2015 η οποία είναι αρκετά αυξημένη, με χαμηλό εύρος.

Έτος	Μέγεθος	Τυπική Απόκλιση	Εύρος	Διάμεσος	Μέση Τιμή
2014	106	0,41	3,04	19,67	19,66
2015	151	0,62	2,68	21,63	21,16

Πίνακας 2.2. 9: Πίνακας χαρακτηριστικών στατιστικών μεγεθών για την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α για το 2014 και το 2015 πριν την αφαίρεση ακραίων τιμών

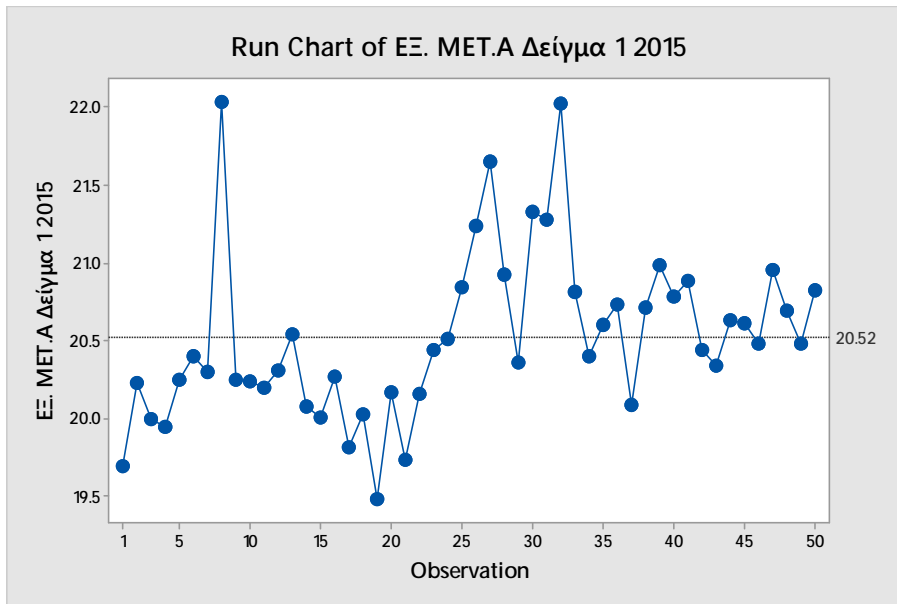
Για να γίνει καλύτερη ανάλυση του δείγματος και των ακραίων σημείων του θα αναλυθεί όπως το δείγμα του 2014 σε διαφορετικά δείγματα με χρονολογική σειρά δεδομένων. Το δείγμα αυτό θα χωριστεί σε 3 υποδείγματα κρατώντας έτσι μικρό το μέγεθος των υποδειγμάτων σε N=50-53.

Για το πρώτο δείγμα του 2015 από την παρατήρηση 1 μέχρι 51 ισχύουν τα στατιστικά μεγέθη του Πίνακα :

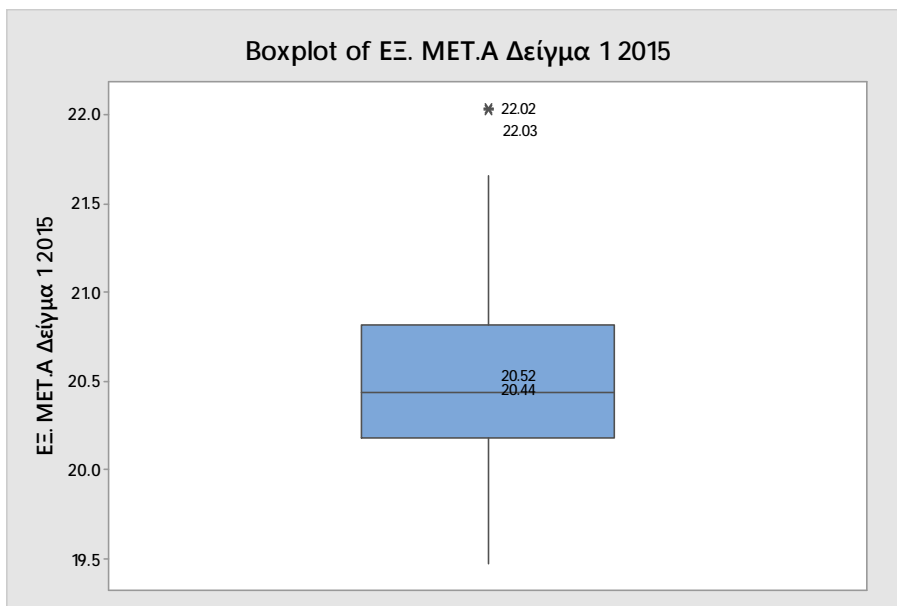
Μέγεθος δείγματος	Τυπική Απόκλιση	Εύρος	Διάμεσος	Μέση Τιμή
50	0,54	2,55	20,44	20,52

Πίνακας 2.2. 10: Χαρακτηριστικά μεγέθη για την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α για το πρώτο δείγμα του 2015

Το δείγμα έχει μεγάλη τυπική απόκλιση και μεγάλο εύρος παρόλο το μικρό μέγεθος. Υπάρχει μεταβλητότητα στην διαδικασία όπως εμφανίζεται γραφικά στο Διάγραμμα 2.2.14. Στο διάγραμμα 2.2.15 εμφανίζονται τα ακραία σημεία του δείγματος.

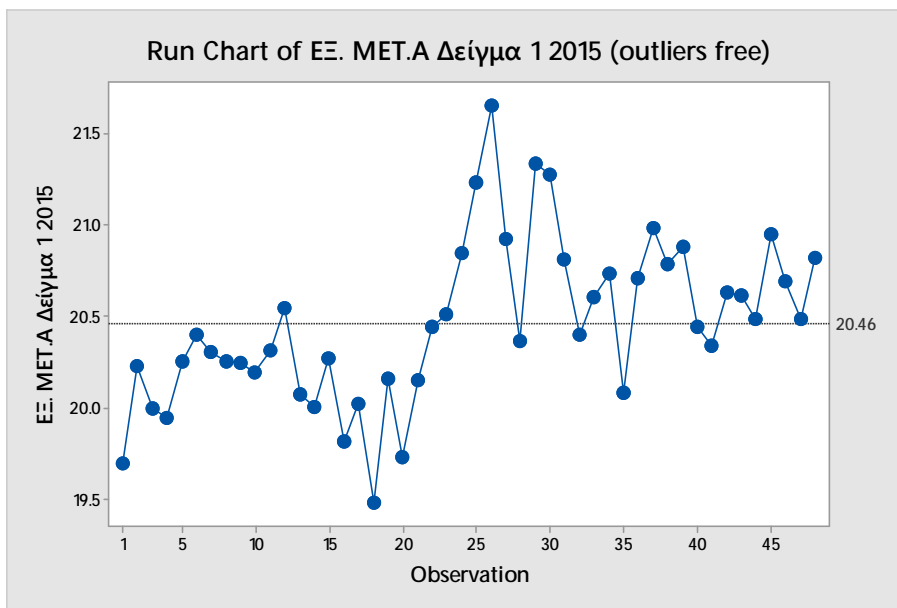


Διάγραμμα 2.2. 14: Διάγραμμα Χρόνου (Run Chart) για το πρώτο Δείγμα του 2015 της Εξαρτημένης Μεταβλητής Α



Διάγραμμα 2.2. 15 Θηκόγραμμα για την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α για το πρώτο δείγμα του 2015

Όπως φαίνεται στο θηκόγραμμα στο Διάγραμμα 2.2.15 εμφανίζονται δύο ακραία σημεία στο δείγμα τα οποία αντιστοιχούν στις παρατηρήσεις 8 και 32. Γνωρίζουμε για την παρατήρηση 8 ότι την συγκεκριμένη μέρα έγινε κάποιο πείραμα στην γραμμή παραγωγής άρα το αναγάγουμε σαν ειδικό αίτιο. Για την παρατήρηση 32 δεν έχουμε στοιχεία. Στο Διάγραμμα 2.2.16 φαίνεται το Διάγραμμα Χρόνου (Run Chart) μετά την αφαίρεση των ακραίων σημείων.



Διάγραμμα 2.2. 16: Διάγραμμα Χρόνου (Run Chart) για το πρώτο δείγμα του 2015 μετά την αφαίρεση των ακραίων σημείων

Μετά την αφαίρεση των ακραίων τιμών ισχύουν τα παρακάτω για το δείγμα(Πίνακας 2.2.11):

Μέγεθος δείγματος	Τυπική Απόκλιση	Εύρος	Διάμεσος	Μέση Τιμή
50	0,54	2,55	20,44	20,52
48	0,45	2,17	20,42	20,46

Πίνακας 2.2. 11: Πίνακας χαρακτηριστικών στατιστικών μεγεθών της Εξαρτημένης Μεταβλητής Α για το πρώτο δείγμα του 2015 πριν και μετά την αφαίρεση των ακραίων τιμών

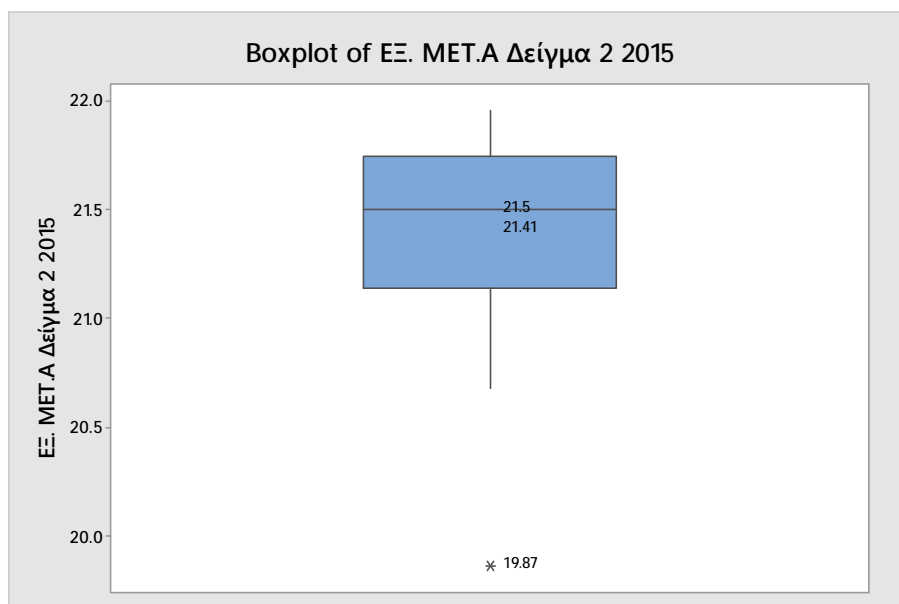
Παρομοίως, για το δεύτερο δείγμα του 2015 για την εξαρτημένη μεταβλητή Α ισχύει(Πίνακας 2.2.12). Παρατηρείται σημαντική μείωση του εύρους και της τυπικής απόκλισης.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η αύξηση του μέσου όρου από το 1^ο δείγμα της χρονιάς στο 2^ο (Πίνακας 2.2.11 και Πίνακας 2.2.12).

Μέγεθος δείγματος	Τυπική Απόκλιση	Εύρος	Διάμεσος	Μέση Τιμή
50	0,41	2,08	21,5	21,41
49	0,34	1,27	21,54	21,44

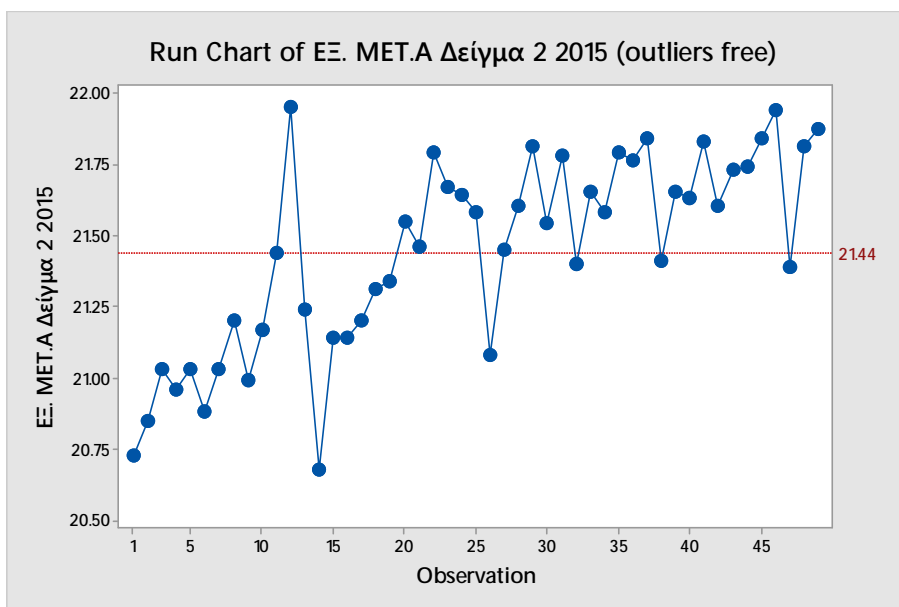
Πίνακας 2.2. 12: : Πίνακας χαρακτηριστικών στατιστικών μεγεθών της Εξαρτημένης Μεταβλητής Α για το δεύτερο δείγμα του 2015 πριν και μετά την αφαίρεση των ακραίων τιμών

Το θηκόγραμμα στο Διάγραμμα 2.2.17 επιβεβαιώνει ότι η παρατήρηση 69 βρίσκεται εκτός στατιστικού ελέγχου. Έτσι αφαιρείται από το δείγμα.



Διάγραμμα 2.2. 17 Θηκόγραμμα για την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α για το δεύτερο δείγμα του 2015

Τελικά μετά την αφαίρεση των ακραίων τιμών του δείγματος το Διάγραμμα Χρόνου (Run Chart) της Εξαρτημένης Μεταβλητής για το δεύτερο δείγμα του 2014 εμφανίζεται στο Διάγραμμα 2.2.18.



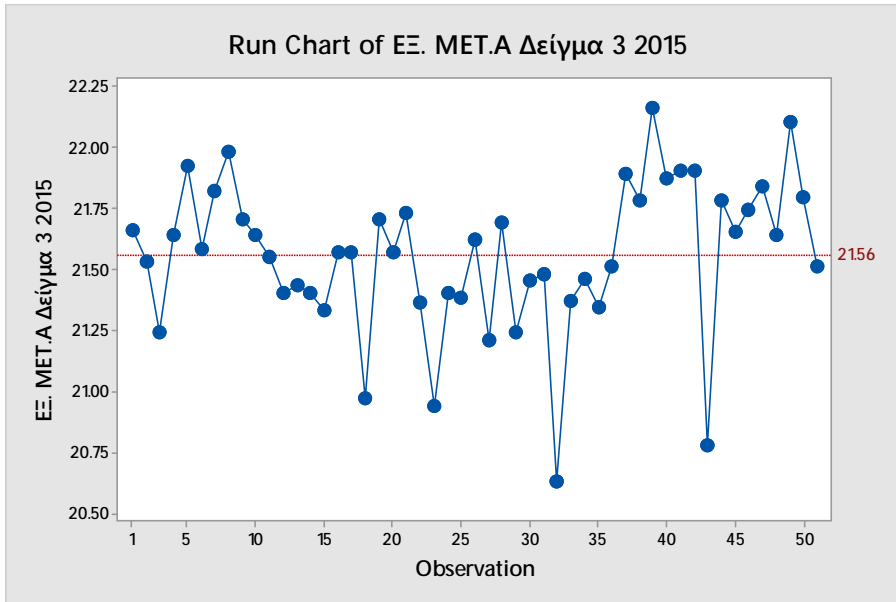
Διάγραμμα 2.2. 18: Διάγραμμα Χρόνου (Run Chart) για την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α για το δεύτερο δείγμα του 2015 μετά την αφαίρεση των ακραίων σημείων

Τέλος, για το 3^ο δείγμα του 2015 ισχύει(Πίνακας 2.2.13):

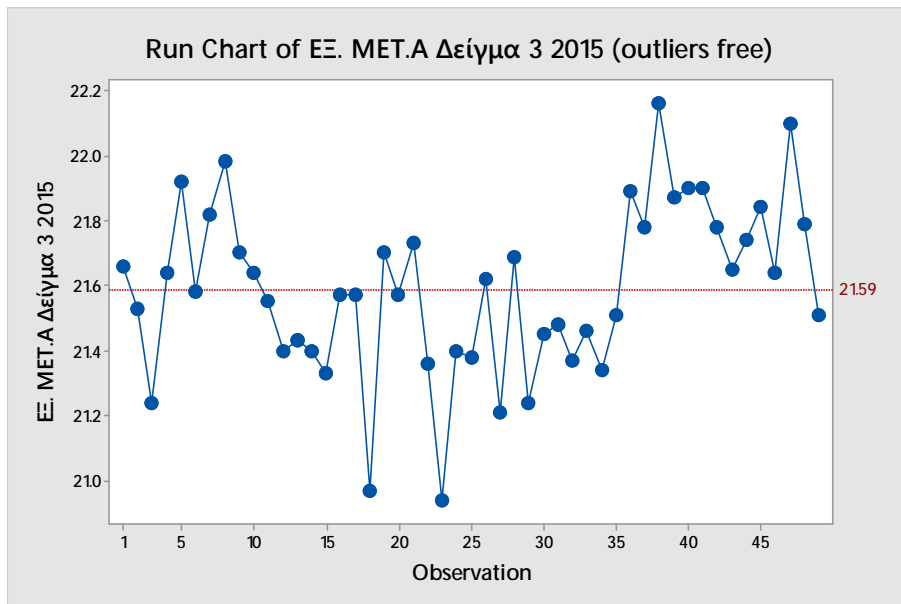
Μέγεθος δείγματος	Τυπική Απόκλιση	Εύρος	Διάμεσος	Μέση Τιμή
51	0,31	1,53	21,57	21,56
49	0,26	1,22	21,58	21,59

Πίνακας 2.2. 13: Χαρακτηριστικά στατιστικά μεγέθη για την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α για το τρίτο δείγμα του 2015 πριν και μετά την αφαίρεση των ακραίων τιμών

Το 3^ο δείγμα εμφανίζει την μικρότερη τυπική απόκλιση από όλα τα δείγματα του 2015 καθώς και την υψηλότερη μέση τιμή. Αυτό είναι ενδεικτικό ότι η διαδικασία σταθεροποιείται γύρω από μία μέση τιμή η οποία πλέον ικανοποιεί και τους στόχους της διοίκησης. Το Διάγραμμα Χρόνου (Run Chart) του δείγματος πριν την αφαίρεση των ακραίων τιμών φαίνεται στο Διάγραμμα 2.2.19 και Διάγραμμα 2.2.20 αντίστοιχα.



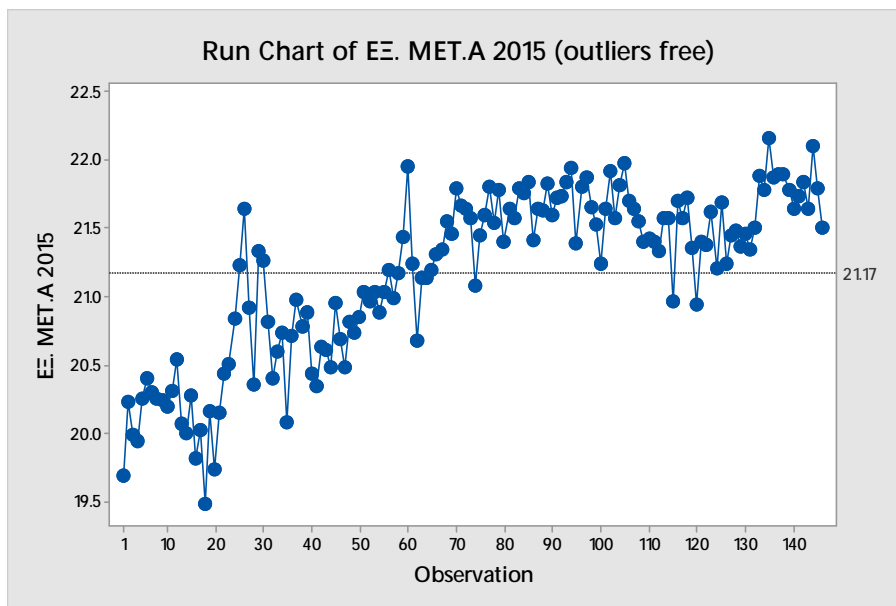
Διάγραμμα 2.2. 19: Διάγραμμα Χρόνου (Run Chart) για την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α για το τρίτο δείγμα του 2015



Διάγραμμα 2.2. 20: Διάγραμμα Χρόνου (Run Chart) για την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α για το τρίτο δείγμα του .2015 μετά την αφαίρεση των ακραίων τιμών.

- Παρατηρήσεις Σχετικά με την ανάλυση του δείγματος

Τελικά το δείγμα του 2015 παρουσιάζει την παρακάτω εικόνα του διαγράμματος 2.2.21.



Διάγραμμα 2.2. 21: Διάγραμμα Χρόνου (Run Chart) για την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α για το 2015 μετά την αφαίρεση των ακραίων σημείων

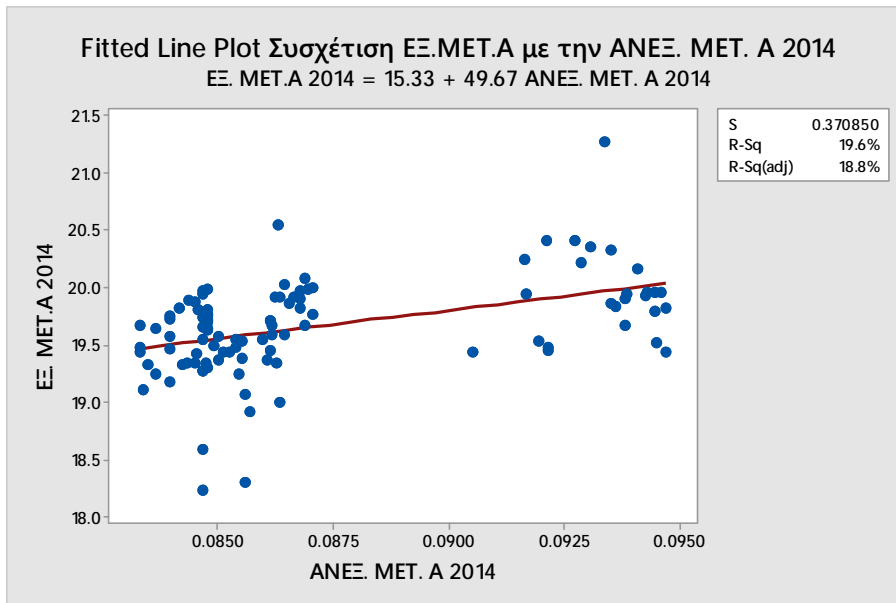
Εμφανίζεται ανοδική πορεία με μεγάλη μεταβλητότητα και καμία σχέση με την μέση τιμή του δείγματος. Η ανοδική πορεία είναι θετική αλλά η διαδικασία βρίσκεται σε μεγάλο μέρος του έτους εκτός στατιστικού ελέγχου. Φαίνεται ότι γίνονται θετικές αλλαγές στην διεργασία οι οποίες οφείλονται σε θετικά γενικά αίτια στην διεργασία.

2.3 Ανάλυση Γραμμικής Συσχέτισης Εξαρτημένων και Ανεξάρτητων Μεταβλητών

Η Εξαρτημένη Μεταβλητή A είναι η πρώτη έξοδος που λαμβάνουμε στην γραμμή παραγωγής. Είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε τις ανεξάρτητες μεταβλητές και τις αντίστοιχες εισόδους από τις οποίες εξαρτάται η Εξαρτημένη Μεταβλητή ώστε να κατανοήσουμε την εικόνα της A όπως εξετάστηκε στην προηγούμενη ενότητα.

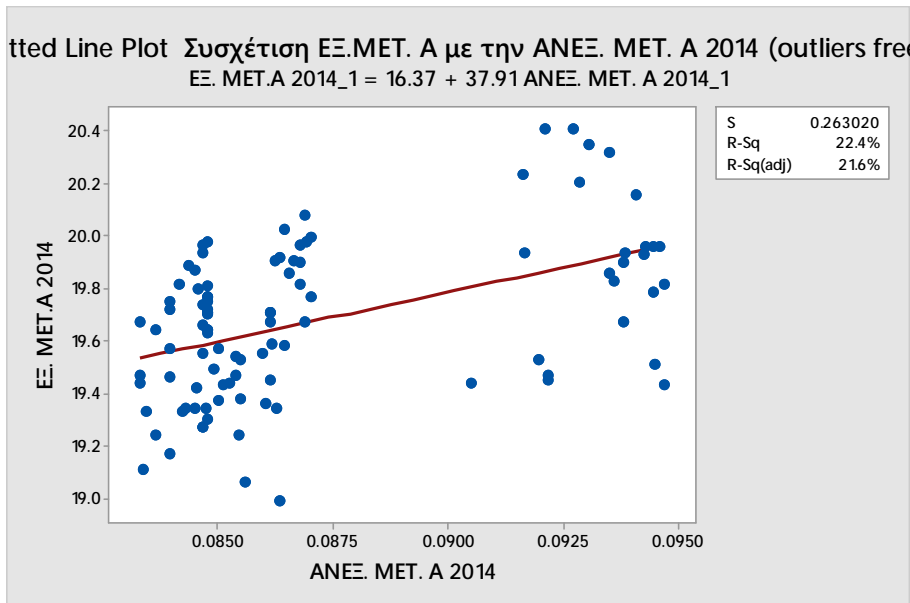
Για τον έλεγχο της συσχέτισης εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών θα κατασκευαστούν Διαγράμματα Συσχέτισης. Αρχικά εξετάζουμε την γραμμική(Linear Regression) συσχέτιση των μεταβλητών και έπειτα την πολλαπλή(Multiple Regression).

Το πρώτο Διάγραμμα Συσχέτισης (Διάγραμμα 2.3.1) εμφανίζει την γραμμική συσχέτιση της Εξαρτημένης Μεταβλητής A με την Ανεξάρτητη Μεταβλητή A για το έτος 2014 μόνο. Από το δείγμα δεν έχουν αφαιρεθεί τα ακραία σημεία που εντοπίστηκαν παραπάνω. Η συσχέτιση των μεταβλητών είναι πολύ μικρή.



Διάγραμμα 2.3. 1: :Διάγραμμα Συσχέτισης για την Εξαρτημένη Μεταβλητή A με την Ανεξάρτητη Μεταβλητή A για το 2014

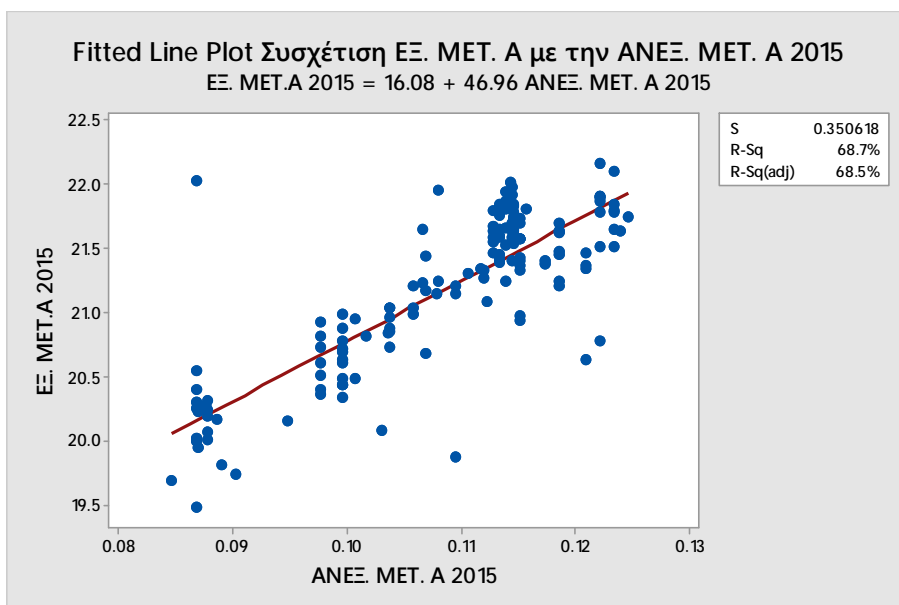
Το δεύτερο Διάγραμμα Συσχέτισης Διάγραμμα 2.3.2 ερευνά την πιθανή γραμμική σχέση που υπάρχει ανάμεσα στην Εξαρτημένη Μεταβλητή A και την Ανεξάρτητη Μεταβλητή A για το δείγμα του 2014 **μετά την αφαίρεση των ακραίων τιμών** όπως υπολογίστηκαν στην ενότητα 2.2.



Διάγραμμα 2.3. 2 Διάγραμμα Συσχέτισης για την Εξαρτημένη Μεταβλητή A με την Ανεξάρτητη Μεταβλητή A για το 2014 μετά την αφαίρεση των ακραίων τιμών του δείγματος

Όπως φαίνεται στο υπόμνημα του Διαγράμματος 2.3.2 η συσχέτιση των δύο μεγεθών για το 2014 είναι $r^2 = 22,4\%$. Είναι μια πολύ μικρή θετική συσχέτιση, όχι ακριβώς το αποτέλεσμα που θέλουμε να πάρουμε.

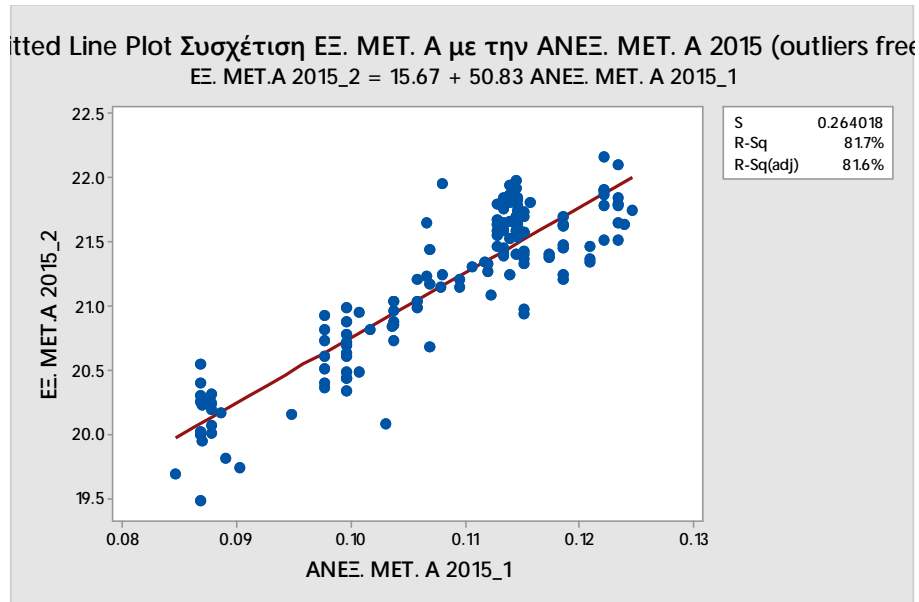
Σε αυτό το σημείο όμως είναι σημαντικό να θυμηθούμε τη διαφορά στο δείγμα του 2014 με το 2015 για την Εξαρτημένη Μεταβλητή A. Είναι σημαντικό να εξετάσουμε και την χρονιά 2015 και όλο το δείγμα προς τη συσχέτιση με την Ανεξάρτητη Μεταβλητή A. Το Διάγραμμα Συσχέτισης φαίνεται στο Διάγραμμα 2.3.3. Όπως φαίνεται και στο υπόμνημα η συσχέτιση εδώ είναι υψηλή θετική $r^2 = 68,7\%$.



Διάγραμμα 2.3. 3: Διάγραμμα Συσχέτισης για την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α με την Ανεξάρτητη Μεταβλητή Α για το 2015

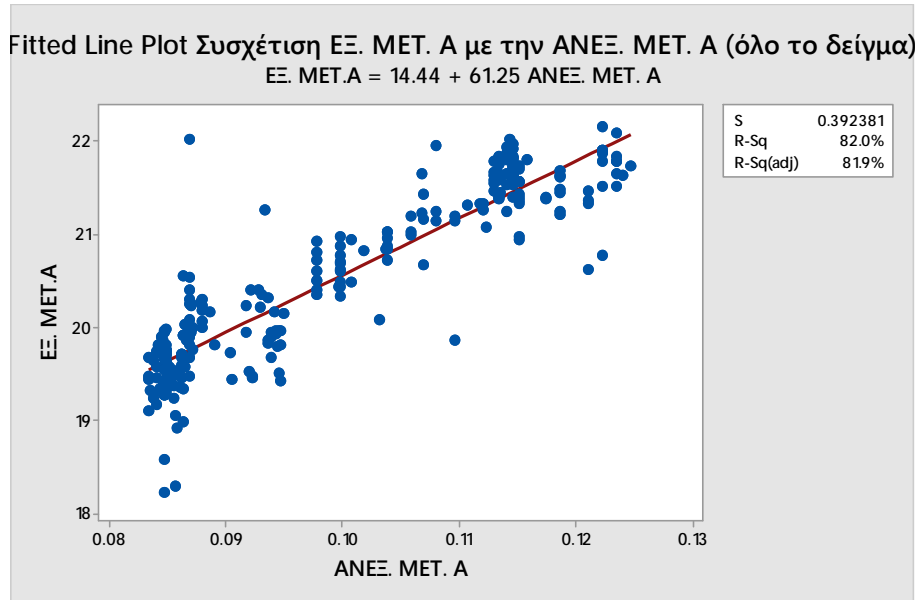
Κατά τον έλεγχο στο δείγμα του 2015 (Διάγραμμα 2.3.4) μετά την αφαίρεση των ακραίων τιμών η γραμμική συσχέτιση των δυο μεταβλητών αυξάνεται από $r^2 = 68,7\%$. Σε $r^2 = 81,7\%$.

Η τιμή αυτή δηλώνει θετική συσχέτιση των δύο μεγεθών. Γνωρίζοντας πλέον την συσχέτιση αυτή και την εξίσωση που προβλέπει την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α έχουμε την ικανότητα να επιλέξουμε τις τιμές εισόδου που θα μας παράγουν τις αντίστοιχες τιμές εξόδου.

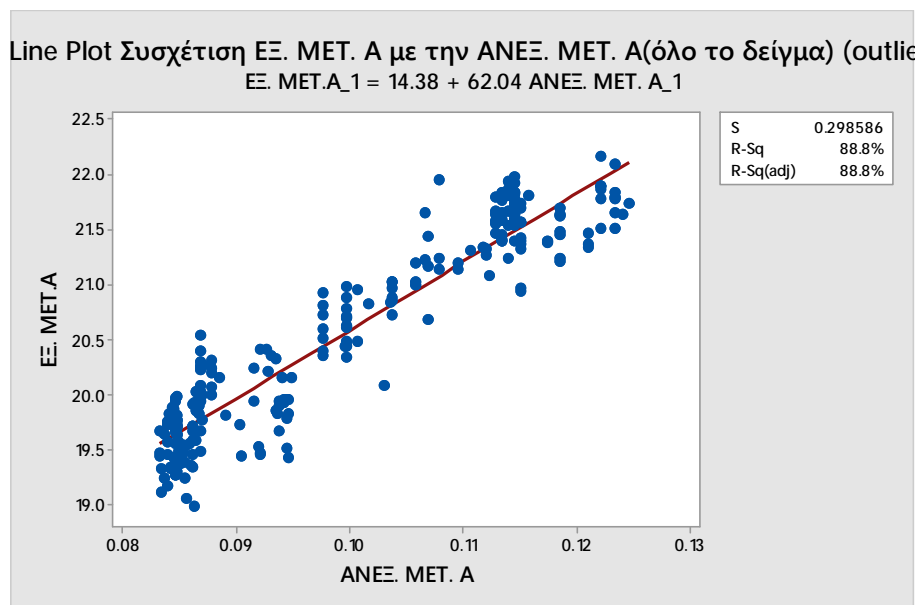


Διάγραμμα 2.3. 4: Διάγραμμα Συσχέτισης της Εξαρτημένης Μεταβλητής Α με την Ανεξάρτητη Μεταβλητή Α για το δείγμα του 2015 μετά την αφαίρεση των ακραίων σημείων.

Για όλο το δείγμα πριν και μετά την αφαίρεση των τιμών ισχύει(Διάγραμμα 2.3.5 και Διάγραμμα 2.3.6):



Διάγραμμα 2.3. 5: Διάγραμμα Συσχέτισης της Εξαρτημένης Μεταβλητής Α με την Ανεξάρτητη Μεταβλητή Α για το συνολικό δείγμα



Διάγραμμα 2.3. 6: Διάγραμμα Συσχέτισης της Εξαρτημένης Μεταβλητής Α με την Ανεξάρτητη Μεταβλητή Α για το συνολικό δείγμα μετά την αφαίρεση των ακραίων σημείων

Τελικά λοιπόν η συσχέτιση που εμφανίζεται ανάμεσα από την εξαρτημένη και ανεξάρτητη μεταβλητή είναι 88,8% , υψηλή θετική συσχέτιση.

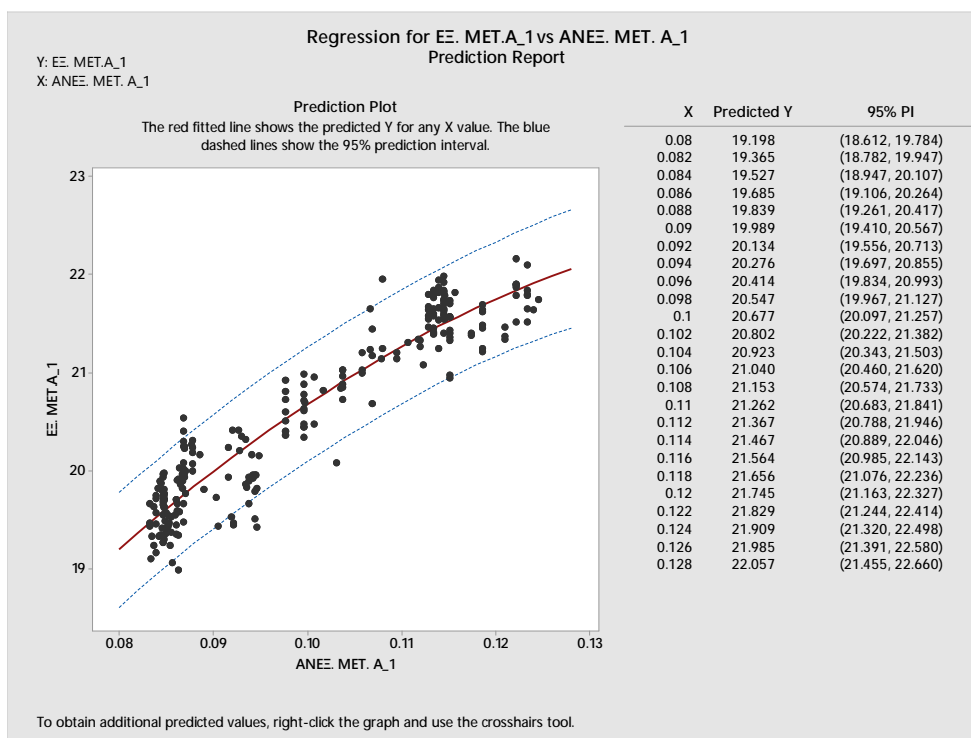
- Παρατηρήσεις Σχετικά με την Ανάλυση της Γραμμικής Συσχέτισης

Η παραπάνω ανάλυση συσχέτισης της Εξαρτημένης Μεταβλητής A με την Ανεξάρτητη Μεταβλητή A ήταν επιτυχής γιατί προέκυψαν σημαντικά δεδομένα σχετικά με την Εξαρτημένη Μεταβλητή A, έξοδο της γραμμής παραγωγής.

Αρχικά εξετάστηκε η συσχέτιση των δύο μεταβλητών για το έτος 2014 όπου βρέθηκε μηδαμινή. Όπως αναλύθηκε νωρίτερα το δείγμα της Εξαρτημένης Μεταβλητής A για το 2014 και βρέθηκε εκτός στατιστικού ελέγχου και με μεγάλη τυπική απόκλιση. Για τον παραπάνω λόγο εξετάσαμε και την συσχέτιση των δυο μεταβλητών για το έτος 2015 όπου ήταν υψηλότερη η συσχέτιση των δυο. Θα μπορούσαμε εδώ να πούμε εμπειρικά ότι η διαφορά της συσχέτισης των δύο μεγεθών προκύπτει από τις υψηλές τιμές της Ανεξάρτητης Μεταβλητής A για το 2015 , της οποίας ο μέσος όρος ήταν $\bar{x} = 0,108$. Το 2014 ο μέσος όρος ήταν $\bar{x} = 0,0872$. Η διαφορά των δυο μέσων όρων είναι 0,0208. Μπορούμε να θεωρήσουμε σε αυτό το σημείο ότι η διαφορά στην Εξαρτημένη Μεταβλητή A για το 2014 και 2015 αποδεικνύει ότι η συσχέτιση βρίσκεται στις υψηλές τιμές της Ανεξάρτητης Μεταβλητής A.

- Ανάλυση Συσχέτισης της Εξαρτημένης Μεταβλητής A με την Ανεξάρτητη Μεταβλητή A

Σε μια προσπάθεια να πλησιάσουμε την εξίσωση που προβλέπει την Εξαρτημένη Μεταβλητή A έχοντας σαν είσοδο την Ανεξάρτητη Μεταβλητή A χρησιμοποιήθηκε η επιλογή Assistant Regression στο στατιστικό πρόγραμμα Minitab. (Διάγραμμα 2.3.7)



Διάγραμμα 2.3. 7 Διάγραμμα Συσχέτισης Εξαρτημένης Μεταβλητής A με την Ανεξάρτητη Μεταβλητή A

Η επιλογή αυτή δίνει την δυνατότητα να μην καθορίσουμε εμείς τι είδους συσχέτιση αναζητούμε να εξετάσουμε, αντίθετα σύμφωνα με τα δεδομένα το πρόγραμμα Minitab παράγει την βέλτιστη εξίσωση που περιγράφει το μοντέλο.

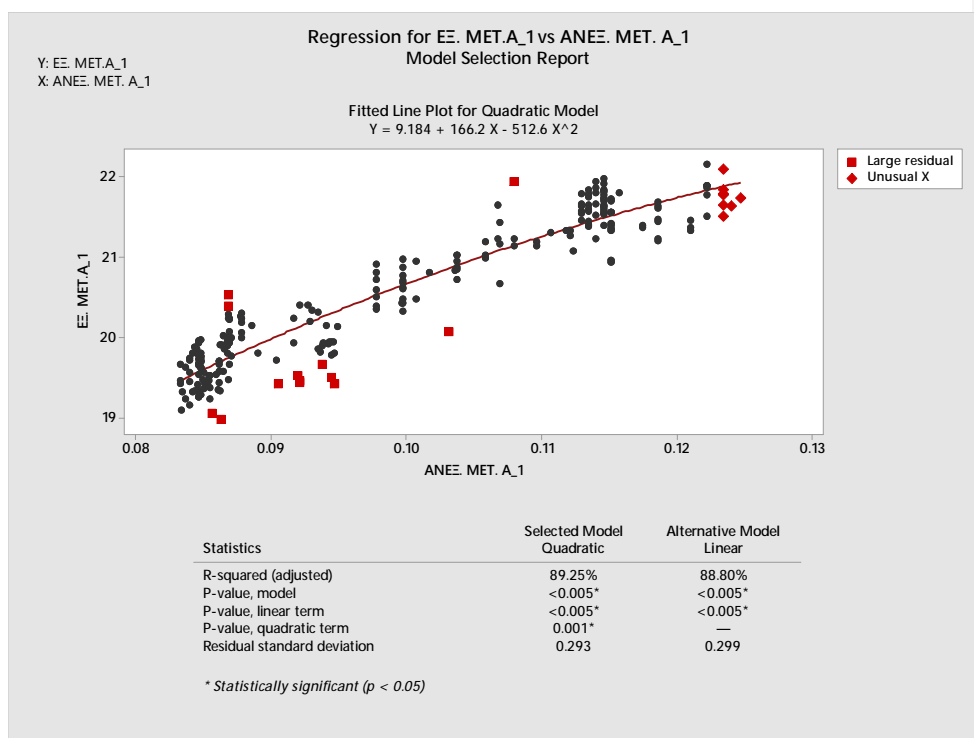
Στην περίπτωση των μεταβλητών (Εξαρτημένη A και Ανεξάρτητη A) που εξετάσαμε νωρίτερα και βρέθηκε γραμμική συσχέτιση 88.8% πλησιάζουμε με ακόμη περισσότερη ακρίβεια την έξοδο y και η εξίσωση που προκύπτει είναι

$$y = 9.184 + 166.2x - 512.6x^2.$$

Η συσχέτιση τελικά των δύο Μεταβλητών είναι 89,34% μέσα από την παραπάνω εξίσωση.

Το επίπεδο εμπιστοσύνης της πρόβλεψης είναι 95%. (Prediction intervals)

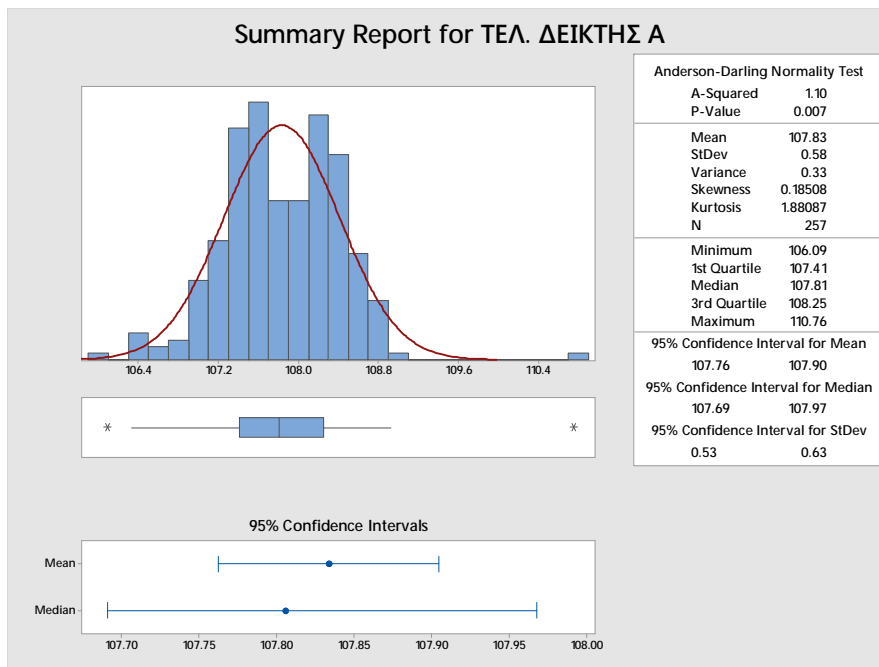
Στο Διάγραμμα 2.3.8 εμφανίζεται το διάγραμμα Συσχέτισης των δύο Μεταβλητών. Εμφανίζονται τα στοιχεία της Συσχέτισης του μοντέλου με 89,3% συσχέτιση. Γίνεται επίσης σύγκριση με τα χαρακτηριστικά στατιστικά μεγέθη με την αντίστοιχη Γραμμική Συσχέτιση.



Διάγραμμα 2.3. 8 Διάγραμμα Συσχέτισης Εξαρτημένης Μεταβλητής Α με την Ανεξάρτητη Μεταβλητή Α

2.4 Ανάλυση συνολικού Δείγματος Τελικού Δείκτη A

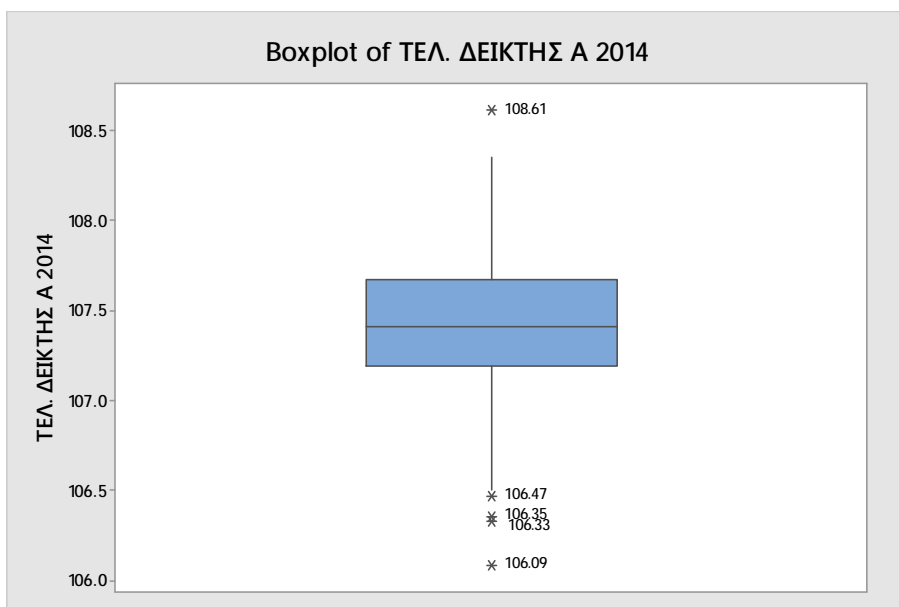
Αντίστοιχα με τον ίδιο τρόπο εξετάστηκε το δείγμα του Τελικού Δείκτη ώστε να αφαιρεθούν τα ακραία σημεία του δείγματος.



Διάγραμμα 2.4. 1: Διάγραμμα Περιγραφικών Στατιστικών μεγεθών για τον Τελικό Δείκτη A για όλο το δείγμα

Το Ιστόγραμμα του Τελικού Δείκτη A παρουσιάζει μοτίβο διπλής κορυφής όπως και το αντίστοιχο διάγραμμα της Εξαρτημένης Μεταβλητής A.

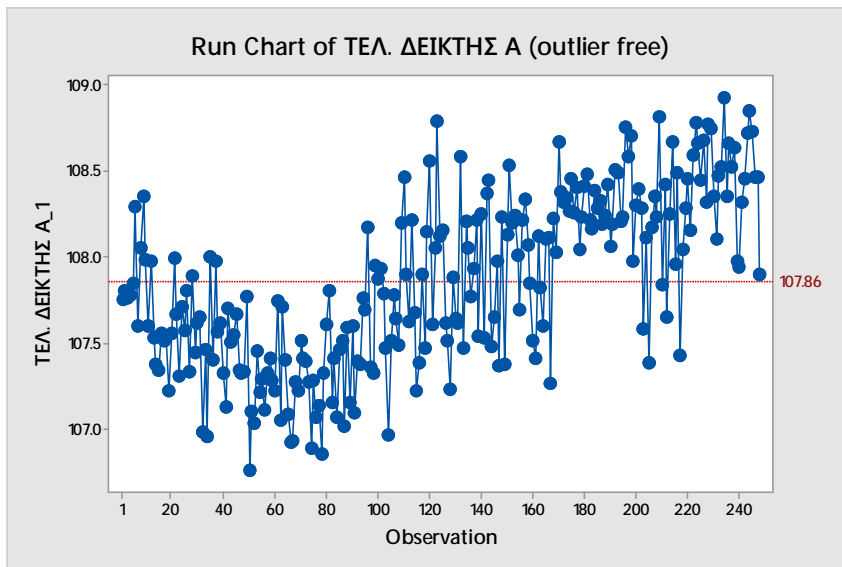
Το δείγμα εξετάζεται ξεχωριστά σε δείγματα ανά έτος. Τα ακραία σημεία του δείγματος εμφανίζονται στο Διάγραμμα 30.



Διάγραμμα 2.4. 2 Θηκόγραμμα για τον Τελικό Δείκτη Α για το 2014

Ο τελικός δείκτης Α παρουσιάζει ανοδική εικόνα όπως προηγουμένως η Εξαρτημένη Μεταβλητή Α (Διάγραμμα 2.4.3). Οι ομοιότητες στα μοτίβα υπονοούν την πιθανή συσχέτιση των δύο μεταβλητών..

Τελικά και μετά την αφαίρεση των ακραίων τιμών το δείγμα παραμένει ασταθές όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 2.4.3.



Διάγραμμα 2.4. 3 Διάγραμμα Χρόνου (Run Chart) μετά την αφαίρεση των ακραίων τιμών του δείγματος

Για το συνολικό δείγμα του Τελικού Δείκτη Α πριν και μετά την αφαίρεση των ακραίων τιμών ισχύουν τα παρακάτω στατιστικά μεγέθη:

Μέγεθος δείγματος	Τυπική Απόκλιση	Εύρος	Διάμεσος	Μέση Τιμή
257	0,578	4,67	107,81	107,83
248	0,499	2,16	107,84	107,86

Πίνακας 2.4. 1: Χαρακτηριστικά στατιστικά μεγέθη για τον Τελικό Δείκτη πριν και μετά την αφαίρεση των ακραίων τιμών

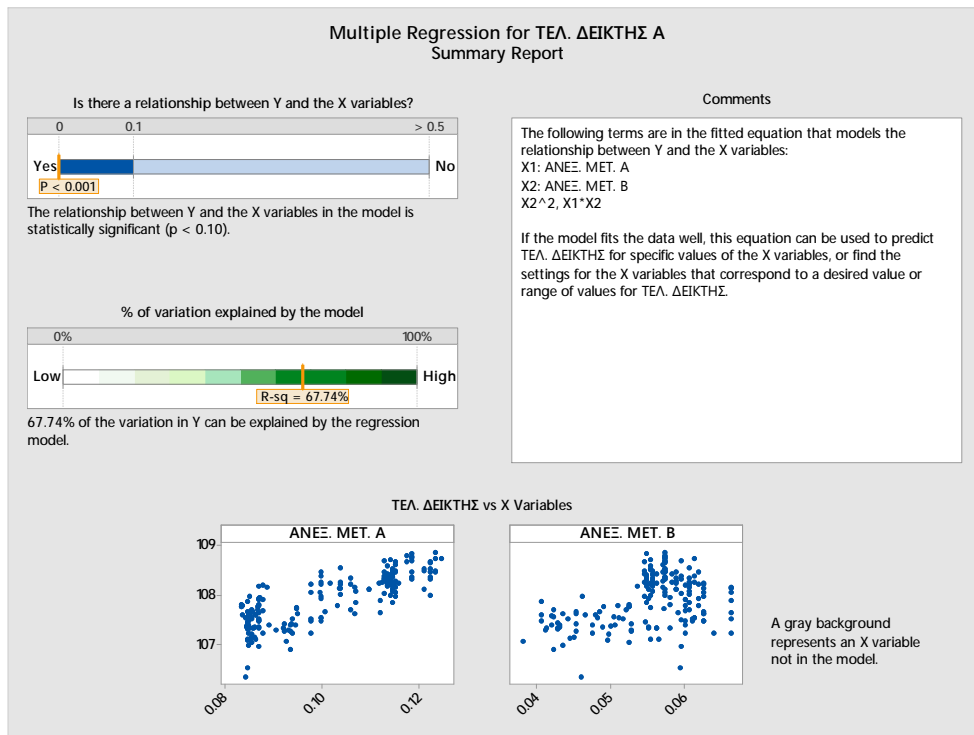
Μειώθηκε σημαντικά το εύρος του δείγματος όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.4.1. Δεν άλλαξε ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση μετά την αφαίρεση των ακραίων τιμών.

2.5 Ανάλυση Πολλαπλής Συσχέτισης Ανεξάρτητων και Εξαρτημένων Μεταβλητών με τον Τελικό Δείκτη Απόδοσης

Αφού έχει αποδειχθεί η υψηλή συσχέτιση της Εξαρτημένης Μεταβλητής A με την Ανεξάρτητη Μεταβλητή A θα προσπαθήσουμε να συνδυάσουμε όλα πλέον τα μεγέθη ώστε να προσεγγίσουμε την πρόβλεψη του Τελικού Δείκτη A και του Τελικού Δείκτη B.

Αυτό πραγματοποιείται μέσω εργαλείων όπως το Διάγραμμα Ισοϋψών Καμπυλών (Contour Plot) Ανάλυση Πολλαπλής Συσχέτισης (Multiple Regression). Τα εργαλεία αυτά μας δίνουν την δυνατότητα να εξηγήσουμε το μοντέλο της διεργασίας λαμβάνοντας υπόψιν πάνω από μία μεταβλητές στην ανάλυση. Βάση θεωρίας και έπειτα από την παραπάνω ανάλυση που έχει γίνει στα δείγματα προσπαθούμε να επιτύχουμε μια κατάσταση στην οποία βάση των εισόδων των Ανεξάρτητων Μεταβλητών έχουμε την δυνατότητα πρόβλεψης των Εξαρτημένων Μεταβλητών (εξόδων) και τέλος του τελικού δείκτη απόδοσης.

- Έλεγχος Πολλαπλής Συσχέτισης Εξαρτημένων και Ανεξάρτητων Μεταβλητών με τον Τελικό Δείκτη μέσω Διαγραμμάτων Πολλαπλής Συσχέτισης

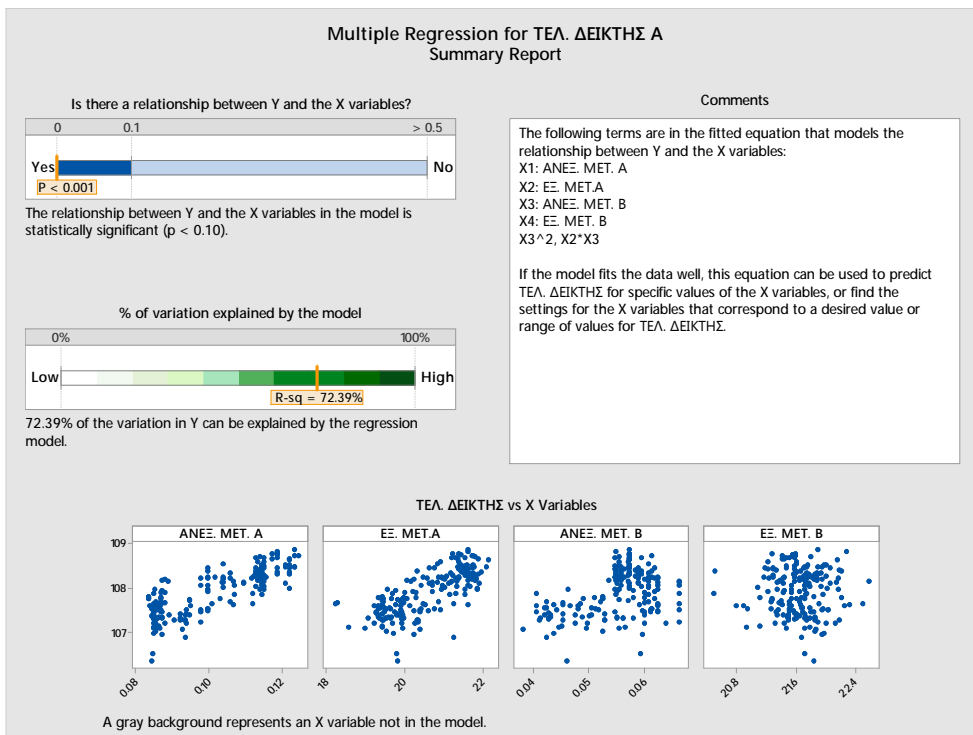


Διάγραμμα 2.5. 1: Πολλαπλής Συσχέτισης Τελικού Δείκτη Α με Ανεξάρτητη Μεταβλητή Α και Ανεξάρτητη Μεταβλητή Β

Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των Ανεξάρτητων Μεταβλητών και του Τελικού Δείκτη Απόδοσης με P-Value $< 0,001$.

Το 67,74% της μεταβλητότητας του μοντέλου εξηγείται από τις δύο μεταβλητές που εξετάστηκαν (Διάγραμμα 2.5.1). Ελέγχοντας τις τιμές των δύο αυτών εισόδων επιτυγχάνουμε σταθερότητα στην διαδικασία.

Το 72,39% του Τελικού Δείκτη A επηρεάζεται από τις τιμές των Εξαρτημένων και Ανεξάρτητων Μεταβλητών που εξετάζουμε.

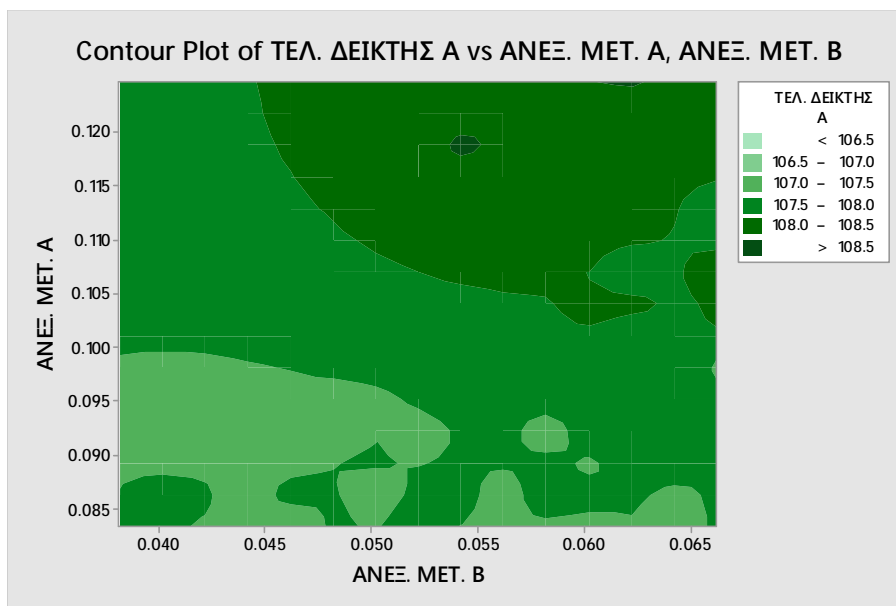


Διάγραμμα 2.5. 2: Διάγραμμα Πολλαπλής Συσχέτισης του Τελικού Δείκτη A με όλες τις εξαρτημένες και ανεξάρτητες μεταβλητές

2.6 Συσχέτιση Εξαρτημένων και Ανεξάρτητων Μεταβλητών με τον Τελικό δείκτη

Στην προσπάθεια να κατανοήσουμε τα αποτελέσματα της Πολλαπλής Συσχέτισης στο προηγούμενο κεφάλαιο κατασκευάζονται διαγράμματα ισούψων καμπυλών. Στα διαγράμματα ισούψων καμπυλών τα χρώματα του διαγράμματος αντιχτοιχούν στο εύρος των τιμών που μπορούμε να επιτύχουμε αν εισάγουμε στην διεργασία τις αντίστοιχες εισόδους και εξόδους

Για τον επιθυμητό δείκτη ποιότητας και την αντίστοιχη περιοχή του διαγράμματος τραβάμε κάθετες γραμμές, και εντοπίζουμε τις τιμές στο κατακόρυφο και οριζόντιο. Οι τιμές αυτές είναι τα όρια των μεταβλητών τα οποία συνδυάζοντας αποδίδουν το επιθυμητό αποτέλεσμα εξόδου από την διεργασία. Στο υπόπνημα η διαβάθμιση των πιθανών τιμών του Τελικού Δείκτη.

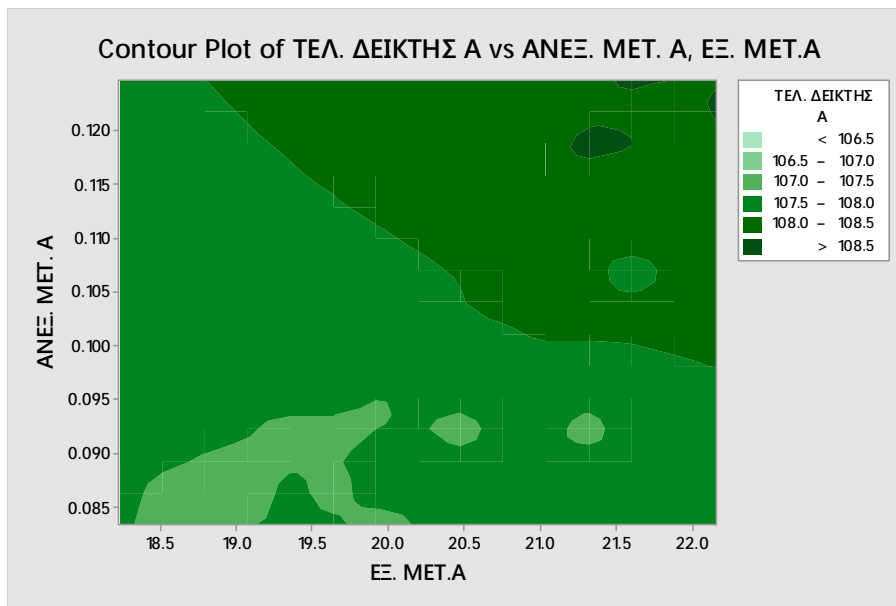


Διάγραμμα 2.6. 1: Διάγραμμα ισούψων καμπυλών για τον Τελικό Δείκτη την Ανεξάρτητη Μεταβλητή A και την Ανεξάρτητη Μεταβλητή B

Είναι εμφανής στο Διάγραμμα 2.6.1 η διαβάθμιση των εισόδων σε σχέση με την επιθυμητή έξοδο. Συγκεκριμένα στην συσχέτιση των τριών μεταβλητών Τελικού Δείκτη Α και Ανεξάρτητης Μεταβλητής Α και Ανεξάρτητης Μεταβλητής Β Για να επιτύχουμε τιμές εξόδου στο επιθυμητό εύρος 107,5- 108 η εξαρτημένη μεταβλητή Β πρέπει να κυμαίνεται από 0,05 και πάνω και η Ανεξάρτητη Μεταβλητή Α πάνω από 0,105.

Τα διαγράμματα αυτά δημιουργήθηκαν για όλες τις μεταβλητές και τις πιθανές συσχετίσεις τους με τον Τελικό Δείκτη Α και τον Τελικό Δείκτη Β. Με τα διαγράμματα ισοψών καμπυλών θα εντοπίσουμε τις περιοχές των τιμών των Εξαρτημένων και Ανεξάρτητων Μεταβλητών για τις οποίες επιτυγχάνουμε τους στόχους της διοίκησης.

Στο Διάγραμμα 2.6.2 απεικονίζεται γραφικά η πολλαπλή συσχέτιση των Ανεξάρτητη Μεταβλητή Α και Εξαρτημένη Μεταβλητή Α με τον Τελικό Δείκτη Α. Στο διάγραμμα εμφανίζονται με διαφορετικό χρώμα οι περιοχές στις οποίες ο Τελικός Δείκτης Α βρίσκεται στο ίδιο εύρος τιμών. Το εύρος εμφανίζεται στο υπόμνημα στα δεξιά του γραφήματος.



Διάγραμμα 2.6. 2: Διάγραμμα ισοψών καμπυλών Τελικός Δείκτης με την Ανεξάρτητη Μεταβλητή Α και την Εξαρτημένη Μεταβλητή Α

Απεικονίζεται ξανά η συσχέτιση των τριών μεταβλητών. (Διάγραμμα 2.6.2).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Από την εργασία προέκυψαν κάποια συμπεράσματα και κάποιες προτάσεις προς την διοίκηση όπως θα παρουσιαστούν παρακάτω. Αυτά βασίζονται στα στατιστικά αποτελέσματα που προέκυψαν κατά την ανάλυση στο Κεφάλαιο 2 και στην θεωρητική ανάλυση του κεφαλαίου 1.

Αρχικά αποδείχθηκε η συσχέτιση της Ανεξάρτητης Μεταβλητής A με την Εξαρτημένη Μεταβλητή A (89,3%) και 88,8 % γραμμική. Αυτή η συσχέτισή μας επιτρέπει να ελέγξουμε τις τιμές της Εξαρτημένης Μεταβλητής A (έξοδος) έμμεσα ελέγχοντας την Ανεξάρτητη Μεταβλητή A (είσοδος). Δεν βρέθηκαν σημαντικές συσχετίσεις ανάμεσα στις υπόλοιπες μεταβλητές που εξετάστηκαν.

Βάση λοιπόν της παραπάνω συσχέτισης και δεδομένου ότι έχουμε κάποιο στόχο από την διοίκηση για την Εξαρτημένη Μεταβλητή A μπορούμε να στοχεύουμε σε συγκεκριμένες τιμές εισόδου ώστε να έχουμε τα επιθυμητά αποτελέσματα τόσο στις εξαρτημένες μεταβλητές όσο και στους Τελικούς Δείκτες. Ένα Διάγραμμα Ελέγχου (Control Chart) για αυτές τις μεταβλητές θα προτεινόταν σε αυτό το σημείο ώστε να ελέγχεται η διαδικασία και η μεταβλητότητα αυτής.

Στη συνέχεια εμφανίστηκε υψηλή συσχέτιση του Τελικού Δείκτη με όλες τις Μεταβλητές με ποσοστά πάνω από 60% για κάθε ζεύγος μεταβλητών και υψηλή βρέθηκε επίσης να είναι η συμβολή όλων των μεταβλητών στο μοντέλο του Τελικού Δείκτη. Μέσω την επίτευξη των στόχων των εξαρτημένων μεταβλητών επιτυγχάνεται και ο στόχος του Τελικού Δείκτη Απόδοσης.

Τελικά έχουμε μια διεργασία η οποία μπορεί να τεθεί υπό στατιστικό έλεγχο και υπάρχουν ξεκάθαρες σχέσεις μεταξύ εισόδων και εξόδων από τις οποίες μπορούμε να προβλέψουμε και τις τιμές του Τελικού Δείκτη Απόδοσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Juran, J.M (1989) Juran on Leadership for Quality, An executive Handbook. The Free Press,

Λογοθέτη, Ν., (1992) «Μάνατζμεντ ολικής ποιότητας», εκδόσεις Interbooks

Deming, W. E., (2002). «Out of the Crisis», The MIT Press, Cambridge Massachusetts London, Second printing

Σταμάτης Αυλωνίτης, Στοιχεία Ελέγχου και Διασφάλισης Ποιότητας , Εκδόσεις Ίων

Gryna, Frank M. / Juran,J.M : Quality planning and analysis: from product development through Use

Juran J.M : Juran on leadership for quality: (an) executive handbook

The Six Sigma Revolution how General Electric and Others Turned Process into Profits

Open Source Six Sigma, Lean Six Sigma Green Belt, Third Edi