ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS AND BUSINESS

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ

Μέθοδοι Δειγματοληψίας Αποδοχής

Σωτήρης Ευστρατίου Δημάκης

ΕΡΓΑΣΙΑ

Που υποβλήθηκε στο Τμήμα Στατιστικής
του Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών
ως μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση
Μεταπτυχιακού Διπλώματος
Συμπληρωματικής Ειδίκευσης στη Στατιστική
Μερικής Παρακολούθησης (Part-time)

Αθήνα
Δεκέμβριος 2017

ΑΦΙΕΡΩΣΗ

Στον άνθρωπό μου,
την Μαγδαληνή

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Στέλιο Ψαράκη, καθηγητή του τμήματος Στατιστικής στο Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, ο οποίος δέχθηκε με μεγάλη προθυμία να αναλάβει την επίβλεψη της διπλωματικής μου εργασίας και με τον οποίο είχα μία άψογη συνεργασία καθ'όλη τη διαδικασία διεκπεραίωσης της εργασίας αυτής.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω πρώτα το διδακτικό προσωπικό του τμήματος για όλες τις γνώσεις που αποκόμισα για να φτάσω έως εδώ και που θα με ακολουθούν από εδώ και πέρα, καθώς επίσης και το κάθε ένα άτομο που συνέβαλε στη σωστή λειτουργία του μεταπτυχιακού προγράμματος.

Κλείνοντας, θα ήθελα πρώτα να ευχαριστήσω τη σύντροφό μου, Μαγδαληνή, η οποία με παρότρυνε να αρχίσω αυτό το πρόγραμμα, πίστεψε σε εμένα αλλά και με στήριξε ενεργά σε όλη αυτή τη διαδρομή μέχρι εδώ. Και φυσικά, να ευχαριστήσω τους γονείς μου και τον αδερφό μου για τη στήριξη που μου παρείχαν και ήταν κομβικής σημασίας για την πραγμάτωση των σπουδών μου.

ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

Ονομάζομαι Σωτήρης Δημάκης και γεννήθηκα στο Μαρούσι Αττικής στις 19 Αυγούστου του 1987. Κατοικώ εδώ και 30 χρόνια στη Νέα Ιωνία Αττικής και οι πανελλήνιες εξετάσεις με οδήγησαν στο τμήμα της Στατιστικής στο Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Αφότου αποφοίτησα, το ενδιαφέρον μου για τη στατιστική και την περαιτέρω γνώση με οδήγησαν 2 χρόνια μετά να γραφτώ στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα «Εφαρμοσμένης Στατιστικής» του Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Η εργασιακή μου εμπειρία περιλαμβάνει ενασχόληση με τη λογιστική, τις πωλήσεις και τη στατιστική έστω και σε πιο ερασιτεχνικό μέχρι στιγμής επίπεδο. Την περίοδο αυτή ασχολούμαι επιπλέον με τη βελτιστοποίηση της αγγλικής γλώσσας. Γνωρίζω τη χρήση διάφορων στατιστικών πακέτων όπως SPSS, R, E-views, Minitab, Stata καθώς επίσης και των εργαλείων του Microsoft Office καθώς και γενικώς του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Πέραν της στατιστικής, τα ενδιαφέροντά μου περιλαμβάνουν τον στίβο, την ποδηλασία, το ποδόσφαιρο, τη μουσική καθώς και το διαδίκτυο. Έχω ολοκληρώσει τις στρατιωτικές μου υποχρεώσεις στην Ελληνική Δύναμη Κύπρου και διαθέτω δίπλωμα οδήγησης Β κατηγορίας. Τέλος, ορισμένα από αυτά που με χαρακτηρίζουν είναι η οργανωτικότητα, η θέληση, η υπομονή, το άγχος, η συλλογικότητα και η αφοσίωση.

ABSTRACT

Sotiris Dimakis

Methods of Acceptance Sampling

December 2017

The objective of this dissertation is to present the most important methods of acceptance sampling. The acceptance sampling constitutes one of the first tools used for quality control at the middle of 20th century and is still in use until nowadays simultaneously with other modern tools for the quality control of processes.

Lot-by-lot acceptance sampling for attributes, which is the most significant aspect of acceptance sampling, covers the biggest part of this dissertation. Moreover, acceptance sampling by variables is presented and in short some other methods of acceptance sampling. In this way, we have a complete presentation of acceptance sampling in theory and in practice.

Through this dissertation we can view the usefulness of the acceptance sampling especially at the first stages of quality control for each process and how important the results of acceptance sampling are.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σωτήρης Δημάκης

Μέθοδοι Δειγματοληψίας Αποδοχής

Δεκέμβριος 2017

Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι να παρουσιαστούν οι κυριότερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στη δειγματοληψία αποδοχής. Η δειγματοληψία αποδοχής αποτελεί ένα από τα πρώτα εργαλεία που άρχισαν να χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο ποιότητας και χρησιμοποιείται έως και σήμερα μαζί με άλλες πιο σύγχρονες μεθόδους ελέγχου ποιότητας.

Το μεγαλύτερο κομμάτι της εργασίας καταλαμβάνει η βασικότερη μέθοδος η οποία είναι η δειγματοληψία αποδοχής ιδιοτήτων κατά παρτίδα. Επιπλέον, αναλύεται η δειγματοληψία αποδοχής μεταβλητών και τέλος συνοπτικά παρουσιάζονται μερικές ακόμα μέθοδοι δειγματοληψίας αποδοχής. Με τον τρόπο αυτόν δίνεται μία πλήρης εικόνα όσον αφορά τη δειγματοληψία αποδοχής και το πώς αυτή εφαρμόζεται στην πράξη.

Μέσω της εργασίας παρατηρούμε τη χρησιμότητα της τεχνικής αυτής ειδικά στα αρχικά στάδια ελέγχου ποιότητας κάθε διαδικασίας και πως τα αποτελέσματα που αποκομίζουμε αποτελούν σημαντική πληροφορία για τη διαδικασία αυτή.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

	Σελίδα
1.Εισαγωγή	1
2.Δειγματοληψία αποδοχής	3
2.1.Δειγματοληψία αποδοχής ιδιοτήτων κατά παρτίδα	3
2.1.1.Τύποι σχεδίων δειγματοληψίας	6
2.1.2.Παρτίδες και δείγμα	7
2.1.3.Επιλογή μεθόδου δειγματοληψίας αποδοχής	9
2.2.Απλή Δειγματοληψία	11
2.2.1.Χαρακτηρίζουσα καμπύλη λειτουργίας (Operating Characteristic curve) απλής δειγματοληψίας	11
2.2.2.Επίδραση του μεγέθους του δείγματος και του αριθμού αποδοχής στη χαρακτηρίζουσα καμπύλη	14
2.2.3.Συγκεκριμένα σημεία στην χαρακτηρίζουσα καμπύλη	17
2.2.4.Άλλες συμπεριφορές της χαρακτηρίζουσας καμπύλης	17
2.2.5.Σχεδιασμός πλάνου απλής δειγματοληψίας με δεδομένη την χαρακτηρίζουσα καμπύλη	19
2.2.6.Επανορθωτικός έλεγχος απλής δειγματοληψίας	21
2.3.Διπλή Δειγματοληψία	24
2.3.1.Χαρακτηρίζουσα καμπύλη διπλής δειγματοληψίας	25
2.3.2.Καμπύλη μέσου μεγέθους δείγματος (ASN)	27
2.3.3.Σχεδιασμός πλάνων διπλής δειγματοληψίας	29
2.3.4.Επανορθωτικός έλεγχος διπλής δειγματοληψίας	30
2.4.Σχέδια πολλαπλής Δειγματοληψίας	30
2.5.Σχέδια διαδοχικής δειγματοληψίας	31
2.5.1.Η χαρακτηρίζουσα καμπύλη και η καμπύλη μέσου μεγέθους δείγματος στη διαδοχική δειγματοληψία	33
2.5.2.Επανορθωτικός έλεγχος διαδοχικής δειγματοληψίας	33
2.6 Προδιαγραφή MIL-STD-105E	34
2.6.1.Διαδικασία εφαρμογής της προδιαγραφής MIL STD 105E	36

2.6.2.Συμπεράσματα-Συζήτηση 41
2.6.3.Προδιαγραφή ANSI/ASQC Z1.4 (ISO 2859) 42
2.7.Σχέδια δειγματοληψίας DODGE-ROMIG 42
2.7.1.Σχέδια AOQL 44
2.7.2.Σχέδια LTPD 46
3.Δειγματοληψία Αποδοχής Μεταβλητών 49
3.1.Εισαγωγή-Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα 49
3.2.Προσδιορισμός πλάνων δειγματοληψίας 50
3.2.1.Προσδιορισμός πλάνου δειγματοληψίας μεταβλητών με δεδομένη χαρακτηρίζουσα καμπύλη 51
3.3.Προδιαγραφή MIL-STD-414 (ANSI/ASQC Z1.9) 53
3.4.Προσδιορισμός πλάνου δειγματοληψίας μεταβλητών με βάση τις μέσες τιμές δείγματος, όταν είναι γνωστή η τυπική απόκλιση 56
4. Άλλες Μέθοδοι Δειγματοληψίας Αποδοχής 57
4.1.Αλυσιδωτή Δειγματοληψία 57
4.2.Συνεχής Δειγματοληψία 58
4.3.Δειγματοληψία με επιλεγόμενες παρτίδες 59
5.Συμπεράσματα-Περαιτέρω Έρευνα 61
6.Αναφορές 62

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας	Σελίδα
1. Τιμές πιθανοτήτων αποδοχής πλάνου απλής δειγματοληψίας με n=89, c=2	13
2. Στοιχεία σχεδίου πολλαπλής δειγματοληψίας	31
3. Κωδικά γράμματα ανάλογα με το μέγεθος της παρτίδας	37
4. Πίνακας για κανονικό έλεγχο απλής δειγματοληψίας	38
5. Πίνακας για αυστηρό έλεγχο απλής δειγματοληψίας	38
6. Πίνακας για ελαστικό έλεγχο απλής δειγματοληψίας	39
7. Dodge-Romig Πίνακας Ελέγχου-Πλάνα απλής δειγματοληψίας για AOQL=3.0%	44,45
8. Dodge-Romig Πίνακας Ελέγχου-Πλάνα απλής δειγματοληψίας για LTPD=1%	47,48
9. Κωδικά γράμματα ανάλογα με το μέγεθος της παρτίδας	54,55

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα	Σελίδα
1. Φάσεις μεθόδων ελέγχου ποιότητας	10
2. Χαρακτηρίζουσα καμπύλη λειτουργίας απλής δειγματοληψίας για n=89 και c=2	12
3. Χαρακτηρίζουσες καμπύλες λειτουργίας τύπου Α και τύπου Β	14
4. Ιδανική χαρακτηρίζουσα καμπύλη λειτουργίας	14
5. Χαρακτηρίζουσες καμπύλες λειτουργίας για διαφορετικά μεγέθη δείγματος	15
6. Η επίδραση της αλλαγής του αριθμού αποδοχής στη χαρακτηρίζουσα καμπύλη λειτουργίας	15
7. Χαρακτηρίζουσες καμπύλες λειτουργίας για πλάνα απλής δειγματοληψίας με αριθμό αποδοχής c=0	16
8. Χαρακτηρίζουσες καμπύλες λειτουργίας για πλάνα δειγματοληψίας όπου το μέγεθος του δείγματος είναι το 10% του μεγέθους της παρτίδας	18
9. Νομογράφημα προσδιορισμού πλάνων απλής δειγματοληψίας	20
10. Καμπύλη μέσης εξερχόμενης ποιότητας για n=89, c=2	23
11. Χαρακτηρίζουσες καμπύλες λειτουργίας για σχέδιο διπλής δειγματοληψίας με n_1=50, c_1=1 , n_2=100, c_2=3	26
12. Καμπύλες μέσου μεγέθους δείγματος για απλή και διπλή δειγματοληψία	28
13. Γραφική απεικόνιση διαδοχικής δειγματοληψίας	32
14. Απεικόνιση της μεταβολής της πιθανότητας αποδοχής με μεταβολή της αυστηρότητας του δειγματοληπτικού ελέγχου	35
15. Νομογράφημα προσδιορισμού n, k πλάνων δειγματοληψίας μεταβλητών	52

1.Εισαγωγή

Ένα σημαντικό κομμάτι της διασφάλισης ποιότητας είναι ο έλεγχος των πρώτων υλών , των ενδιάμεσων ή τελικών προϊόντων είτε αυτά αφορούν μία προγενέστερη διαδικασία εντός της παραγωγικής μονάδας είτε λαμβάνονται από κάποιον εξωτερικό συνεργάτη. Όμως όπως είναι φυσικό ποτέ δεν είναι εφικτό να ελεγχθούν το 100% αυτών των προϊόντων και έτσι μία μέθοδος αποδοχής ή απόρριψης των προϊόντων , βασισμένη σε κάποια πρότυπα, είναι η δειγματοληψία αποδοχής. Στην παρούσα εργασία θα μας απασχολήσουν ο σχεδιασμός και η χρήση πλάνων δειγματοληψίας καθώς και κάποια πρότυπα-προδιαγραφές και συστήματα που αφορούν τις δειγματοληψίες. Ο συνήθης τύπος δειγματοληψίας αποδοχής είναι αυτός με βάση τις ιδιότητες τους. Δηλαδή απορρίπτουμε ή αποδεχόμαστε μία παρτίδα προϊόντων σύμφωνα με τον αν τηρούνται ή όχι οι προδιαγραφές. Άλλες μορφές είναι η δειγματοληψία αποδοχής μεταβλητών, η αλυσιδωτή και η συνεχής δειγματοληψία καθώς και η δειγματοληψία με επιλεγόμενες παρτίδες. Η δειγματοληψία αποδοχής παρτίδας χρησιμοποιείται κυρίως λόγω της ευκολίας εφαρμογής της και του μικρότερου κόστους ελέγχου όμως περιέχει λιγότερες πληροφορίες σε σχέση με άλλες δειγματοληψίες, όπως τη δειγματοληψία αποδοχής μεταβλητών. Η δειγματοληψία αποδοχής δεν υποκαθιστά άλλες μεθοδολογίες όπως αυτή των διαγραμμάτων ελέγχου όμως είναι μία επιπλέον μέθοδος έτσι ώστε να έχουμε μεγαλύτερη ασφάλεια κατά τον έλεγχο ποιότητας. Συνήθως την χρησιμοποιούμε στα πρώιμα στάδια της κατασκευής προϊόντων και με σωστή χρήση της μπορούμε αρκετές φορές να αποφύγουμε εκτενέστερες μεθόδους ελέγχου ποιότητας σε επόμενα στάδια.

Στη διατριβή αυτή μελετάμε διάφορες μεθόδους δειγματοληψίας αποδοχής. Πιο συγκεκριμένα, στο κεφάλαιο 2 θα ασχοληθούμε με τη δειγματοληψία αποδοχής ιδιοτήτων κατά παρτίδα. Ακολούθως, στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζουμε τη δειγματοληψία αποδοχής μεταβλητών. Στη συνέχεια αναφερόμαστε σε άλλες μεθόδους δειγματοληψίας αποδοχής οι οποίες είναι : η αλυσιδωτή δειγματοληψία, η συνεχής δειγματοληψία και η δειγματοληψία με επιλεγόμενες παρτίδες. Τέλος, παρουσιάζουμε τα συμπεράσματα της διατριβής καθώς και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

2.Δειγματοληψία αποδοχής

Στο κεφάλαιο αυτό θα ασχοληθούμε με τη δειγματοληψία αποδοχής ιδιοτήτων κατά παρτίδα. Πιο συγκεκριμένα, με το σχεδιασμό και τη χρησιμοποίηση της απλής δειγματοληψίας, τη χρήση της χαρακτηρίζουσας καμπύλης, τον επανορθωτικό έλεγχο καθώς και την μέση εξερχόμενη ποιότητα και τον μέσο συνολικό αριθμό ελεγχόμενων προϊόντων. Επιπλέον, θα δούμε συνοπτικά όλα τα παραπάνω και για άλλα σχέδια δειγματοληψίας πέραν της απλής δειγματοληψίας και επιπρόσθετα δύο συστήματα προτύπων δειγματοληψίας αποδοχής που είναι το MIL-STD-105E και το Dodge-Romig. Η κυριότερη πηγή του κεφαλαίου αυτού είναι το βιβλίο του Montgomery [1].

Η δειγματοληψία αποδοχής είναι μία από τις παλαιότερες μεθόδους διασφάλισης ποιότητας η οποία ασχολείται με τον έλεγχο προϊόντων και τη δημιουργία αποφάσεων με βάση τον έλεγχο αυτό. Για είκοσι περίπου χρόνια, και συγκεκριμένα από το 1930 μέχρι το 1950, αποτελούσε μία από τις βασικότερες μεθοδολογίες στο πεδίο του στατιστικού ελέγχου ποιότητας όμως με την πάροδο των ετών έχει πάψει να αποτελεί πρωτεύον εργαλείο στη διασφάλιση ποιότητας. Ο σχεδιασμός πειραμάτων αλλά και οι μέθοδοι στατιστικού ελέγχου διεργασιών τείνουν να προτιμώνται χωρίς όμως αυτό να σημαίνει πως η δειγματοληψία αποδοχής έχει εξαφανιστεί από το πεδίο της διασφάλισης ποιότητας. Υπάρχουν κλάδοι που εξακολουθούν να χρησιμοποιούν τη δειγματοληψία αποδοχής ως εργαλείο για τις αποφάσεις για την ποιότητα και τον έλεγχο των προϊόντων τους, όπως ο κλάδος της χημείας, και συχνά στη βιομηχανία και σε άλλους τομείς.

2.1.Δειγματοληψία αποδοχής ιδιοτήτων κατά παρτίδα

Στη δειγματοληψία αποδοχής ιδιοτήτων ως προϊόν με ασυμφωνίες χαρακτηρίζεται κάθε προϊόν που δε συμφωνεί με τα ποιοτικά κριτήρια που θέτει μία προδιαγραφή. Ως ελαττωματικό προϊόν χαρακτηρίζεται κάθε προϊόν που δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις για προσδοκώμενη χρήση.

Στη δειγματοληψία αποδοχής μία εταιρεία λαμβάνει κάποια προϊόντα, τα οποία συνήθως αποτελούν κομμάτι ή ανεπεξέργαστο υλικό της διαδικασίας

παραγωγής της εταιρείας, από έναν προμηθευτή από τα οποία παίρνουμε ένα δείγμα της παρτίδας αυτής και ελέγχουμε κάποια ποιοτικά χαρακτηριστικά στα προϊόντα αυτά.

Πιο συγκεκριμένα, στη δειγματοληψία αποδοχής ιδιοτήτων κατά παρτίδα λαμβάνουμε έναν προκαθορισμένο αριθμό στοιχείων από κάθε παρτίδα και όταν ο αριθμός των ασυμφωνιών του προϊόντος είναι μικρότερος ή ίσος με τον προκαθορισμένο αριθμό αποδοχής τότε η παρτίδα γίνεται αποδεκτή, όταν συμβαίνει το αντίθετο τότε η παρτίδα απορρίπτεται. Είτε ελέγχουμε εάν εφαρμόζεται μία ιδιότητα στο δείγμα προϊόντων είτε μία σειρά ιδιοτήτων σε ένα μόνο προϊόν. Οι παρτίδες που γίνονται αποδεκτές βγαίνουν στην παραγωγή ενώ οι απορριπτόμενες αντιμετωπίζονται με τρόπους που αναλύουμε λίγο παρακάτω.

Τα κύρια σημεία της δειγματοληψίας αποδοχής είναι τα ακόλουθα:

- Ο ρόλος της δειγματοληψίας αποδοχής είναι για να κρίνει ως αποδεκτές ή απορριπτέες τις παρτίδες και όχι για να καθορίσει την ποιότητά τους. Τις περισσότερες φορές χρησιμοποιούμε τη δειγματοληψία αποδοχής όχι για υπολογιστικούς σκοπούς.
- Η ποιότητα ελέγχεται και βελτιώνεται μέσω των ελέγχων διεργασιών, ενώ η δειγματοληψία αποδοχής μπορεί να απορρίψει και να αποδεχτεί παρτίδες που έχουν την ίδια ποιότητα.
- Η κύρια χρησιμότητα της δειγματοληψίας αποδοχής είναι για να πιστοποιεί πως τα προϊόντα μίας διαδικασίας τηρούν κάποιες προδιαγραφές και όχι για να ελέγχει την ποιότητα αυτών.

Συνήθως εφαρμόζεται στις εξής περιπτώσεις :

- Όταν δε μπορούν να ελεγχθούν όλα τα προϊόντα ή θα ήταν καταστροφικό για την παραγωγή μας, όπως για παράδειγμα να ελέγξουμε την ποιότητα ενός φωτογραφικού φιλμ
- Όταν το κόστος να ελεγχθούν όλα τα προϊόντα είναι πολύ υψηλό σε σχέση με το κόστος αποδοχής ενός προϊόντος με ασυμφωνίες
- Όταν το ανθρώπινο δυναμικό δεν είναι εφικτό να προχωρήσει στον πλήρη έλεγχο ή δεν επαρκεί η υπάρχουσα τεχνολογία για να γίνει 100% αυτοματοποιημένος έλεγχος

- Όταν έχουμε εμπιστοσύνη στον κατασκευαστή για τα προϊόντα που μας παρέχει
- Όταν τα διαγράμματα ελέγχου για την ποιότητα των προϊόντων δεν είναι γνωστά.

Τα πλεονεκτήματα λοιπόν αυτής της δειγματοληψίας έναντι ενός ελέγχου στο 100% των προϊόντων είναι τα ακόλουθα:

- Έχουμε χαμηλότερο κόστος λόγω μικρότερης «έκτασης» ελέγχου
- Υπάρχει μικρότερη επαφή με το προϊόν επομένως και μικρότερη ζημιά
- Χρειάζεται λιγότερο προσωπικό για τη διαδικασία αυτή
- Απαιτείται μικρότερο χρονικό διάστημα
- Ο καταστροφικός έλεγχος μπορεί να εφαρμοστεί με μικρό κόστος
- «Αναγκάζουμε» τον προμηθευτή να προχωρήσει σε έλεγχο πριν μας στείλει το εμπόρευμα ώστε να είναι σίγουρος πως τηρεί τη συμφωνία για μη συμφωνούντα προϊόντα που έχουμε συνάψει και έτσι μεταφέρεται το κόστος στον κατασκευαστή για την τήρηση του συμφωνηθέντος επιπέδου ποιότητας

Από την άλλη βέβαια υπάρχουν και μειονεκτήματα όπως:

- Να απορρίψουμε λανθασμένα μία παρτίδα, γνωστό και ως σφάλμα τύπου Ι ή να αποδεχθούμε λανθασμένα μία παρτίδα, γνωστό και ως σφάλμα τύπου ΙΙ
- Λαμβάνουμε λιγότερη πληροφορία για το προϊόν ή για τη διαδικασία κατασκευής του προϊόντος
- Η αβεβαιότητα για την τήρηση των προδιαγραφών σε όλη την παρτίδα
- Η δαπάνη χρόνου για το σχεδιασμό της δειγματοληψίας.

Μερικές φορές ο σχεδιασμός που απαιτείται να πραγματοποιηθεί ώστε να γίνει μία δειγματοληψία αποδοχής τείνει να μην είναι μειονέκτημα καθώς χρειάζεται να λάβουμε την πληροφορία του καταναλωτή για το επίπεδο της ποιότητας κάτι το οποίο μπορεί να μας φανεί πολύ χρήσιμο στη συνολική διαδικασία μας αλλά και στον καθορισμό του ολικού πλάνου για την ποιότητα.

Η δειγματοληψία αποδοχής είναι κάτι ενδιάμεσα στον μη έλεγχο και στον 100% έλεγχο. Αυτό μας δίνει τη δυνατότητα να αποκτούμε πληροφορία,

μέσω της συνεχής ροής των παρτίδων, για τη διαδικασία παραγωγής των προϊόντων τέτοια ώστε να αποκτούμε μία «προστασία» για τον κατασκευαστή αλλά και για τον καταναλωτή παρόλο που δε μας παρέχει ακριβή πληροφορία για την ποιότητα των προϊόντων. Επιπλέον, μας προσφέρει τη δημιουργία ενός «ιστορικού» για τη διαδικασία παραγωγής τέτοιο ώστε να μπορούμε να καταλάβουμε πότε οι έλεγχοι διεργασιών στο εργοστάσιο δεν είναι ικανοποιητικοί.

2.1.1.Τύποι σχεδίων δειγματοληψίας

Σχέδιο δειγματοληψίας ονομάζεται το σχέδιο το οποίο καθορίζει το μέγεθος ή τα μεγέθη των μονάδων που πρέπει να εξεταστούν αλλά και τα κριτήρια αποδοχής ή απόρριψης, δηλαδή τον μέγιστο αριθμό επιτρεπόμενων ασυμφωνιών. Διακρίνουμε τρία κύρια σχέδια δειγματοληψίας :

- Απλή δειγματοληψία
- Διπλή δειγματοληψία
- Πολλαπλή δειγματοληψία

Στην απλή δειγματοληψία επιλέγουμε ένα δείγμα n μονάδων με τυχαίο τρόπο από την παρτίδα και σύμφωνα με την πληροφορία που παίρνουμε από αυτό το δείγμα εξάγουμε συμπέρασμα για την παρτίδα. Πιο συγκεκριμένα, στην απλή δειγματοληψία αποδοχής ιδιοτήτων κατά παρτίδα εξετάζουμε ένα δείγμα και αποδεχόμαστε την παρτίδα όταν ο αριθμός των ασυμφωνιών είναι ίσος ή μικρότερος από τον αριθμό αποδοχής c.

Στη διπλή δειγματοληψία αποδοχής ιδιοτήτων κατά παρτίδα εξετάζουμε δύο δείγματα όπου σε κάθε στάδιο καθορίζουμε μία τιμή αποδοχής c και μία τιμής απόρριψης r. Ορίζουμε ως c_1 και r_1 τον αριθμό αποδοχής και τον αριθμό απόρριψης στο πρώτο στάδιο αντίστοιχα. Ορίζουμε ως c_2 και r_2 τον αριθμό αποδοχής και τον αριθμό απόρριψης στο δεύτερο στάδιο αντίστοιχα. Και έχουμε τις εξής περιπτώσεις :

- Αν στο πρώτο δείγμα : αριθμός ασυμφωνιών $\leq c_1$ τότε αποδεχόμαστε την παρτίδα και δεν προχωράμε στο δεύτερο στάδιο. Σε αντίθετη περίπτωση εξετάζουμε και το δεύτερο δείγμα.

- Αν στο πρώτο δείγμα : αριθμός ασυμφωνιών $\geq r_1$ τότε η παρτίδα απορρίπτεται χωρίς να περάσουμε στο δεύτερο στάδιο.
- Αν στο πρώτο δείγμα : $c_1 \leq$αριθμός ασυμφωνιών $\leq r_1$ τότε εξετάζουμε το δεύτερο δείγμα.
- Αν στο δεύτερο δείγμα : άθροισμα αριθμού ασυμφωνιών $1^{ης}\&2^{ης}$ δειγματοληψίας $\leq c_2$ τότε η παρτίδα γίνεται αποδεκτή αλλιώς , αν άθροισμα αριθμού ασυμφωνιών $1^{ης}\&2^{ης}$ δειγματοληψίας $\geq r_2$, την απορρίπτουμε.

Στην πολλαπλή δειγματοληψία συνεχίζουμε με τον ίδιο τρόπο με αυτόν της διπλής δειγματοληψίας σε περισσότερα από δύο δείγματα. Δηλαδή, εφόσον κάνουμε τον έλεγχο σε κάποιο δείγμα ακολούθως αποφασίζουμε εάν αποδεχόμαστε ή απορρίπτουμε την παρτίδα και επομένως αναλόγως του αριθμού ασυμφωνιών συνεχίζουμε ή όχι τη δειγματοληψία. Η «επέκταση» της πολλαπλής δειγματοληψίας είναι η συνεχής δειγματοληψία κατά την οποία επιλέγουμε μονάδες από την παρτίδα κάθε κάποιο χρονικό διάστημα και εξετάζοντας αυτές βγάζουμε την απόφασή μας αν θα δεχθούμε ή αν θα απορρίψουμε την παρτίδα ή αν ακόμα θα επιλέξουμε επιπλέον μονάδες.

Όλα τα παραπάνω πλάνα δειγματοληψίας μπορούν να σχεδιαστούν με τέτοιο τρόπο ώστε να δώσουν παρόμοια αποτελέσματα. Με τον κατάλληλο σχεδιασμό μία παρτίδα συγκεκριμένης ποιότητας έχει ακριβώς την ίδια πιθανότητα αποδοχής υπό οποιοδήποτε από τα παραπάνω σχέδια δειγματοληψίας.

2.1.2.Παρτίδες και δείγμα

Πριν προχωρήσουμε στην εφαρμογή οποιουδήποτε σχεδίου δειγματοληψίας, θα καθορίσουμε τα χαρακτηριστικά της παρτίδας και τη μέθοδο επιλογής δείγματος καθώς είναι αυτά που πιθανώς θα επηρεάσουν τα αποτελέσματα της δειγματοληψίας μας.

Τα κύρια χαρακτηριστικά των παρτίδων πρέπει να είναι:

- η ομοιογένεια μεταξύ των προϊόντων ώστε να έχουμε αντικειμενικότητα στη λήψη αποφάσεων όταν θα εφαρμόσουμε το

σχέδιο δειγματοληψίας. Οι μονάδες στην παρτίδα θα πρέπει να παρασκευάζονται από τα ίδια μηχανήματα, τους ίδιους χειριστές , από όσο το δυνατόν ίδιες πρώτες ύλες και περίπου την ίδια ώρα. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνουμε μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και ακρίβεια στο αντίστοιχο πλάνο δειγματοληψίας και έτσι μπορούμε να πάρουμε σωστές αποφάσεις για παρτίδες που είναι απορριπτέες.

- το μεγάλο μέγεθος της παρτίδας ώστε να έχουμε ικανοποιητικό δείγμα, αλλά και επιπλέον επειδή όσο αυξάνεται το μέγεθος της παρτίδας το δείγμα μας αυξάνεται αλλά με μειωμένη αναλογία. Επομένως, με μεγάλο μέγεθος παρτίδας εξοικονομούμε σε χρόνο και κόστος
- και τέλος, η χρηστικότητα τους και για τον παραγωγό και για τον καταναλωτή. Τα προϊόντα στις παρτίδες θα πρέπει να πακετάρονται με τέτοιο τρόπο ώστε να μειώνεται ο κίνδυνος καταστροφής κατά την μεταφορά τους ή την διαχείρισή τους και επιπλέον να διευκολύνεται η επιλογή τους ως δείγμα.

Όσον αφορά την επιλογή του δείγματος, το δείγμα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικό όλων των προϊόντων της παρτίδας και να λαμβάνεται με πλήρη τυχαιότητα δηλαδή όλες οι μονάδες της παρτίδας να έχουνε την ίδια πιθανότητα επιλογής. Σε περιπτώσεις που η τυχαιότητα δεν είναι εφικτή τότε καταφεύγουμε στη στρωματοποιημένη δειγματοληψία ώστε να επιτύχουμε όσο το δυνατόν καλύτερα την τυχαιότητα που επιθυμούμε. Χωρίζουμε λοιπόν την παρτίδα μας σε «στρώματα» και επιλέγουμε προϊόντα από κάθε στρώμα έτσι ώστε τουλάχιστον να έχουμε αντιπροσωπευτικό δείγμα. Θέλουμε με κάθε τρόπο να αποφύγουμε την ύπαρξη μεροληψίας στο δείγμα μας.

Η προτιμότερη μέθοδος για την επιλογή του δείγματος είναι αυτή των τυχαίων αριθμών. Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή σε κάθε μονάδα της παρτίδας αντιστοιχούμε έναν αριθμό, ακολούθως μέσω υπολογιστή παράγουμε τυχαίους αριθμούς όσους είναι οι μονάδες μας, επιλέγουμε στην τύχη έναν από αυτούς και με τυχαία κατεύθυνση διαλέγουμε συνεχόμενους αριθμούς έως ότου φτάσουμε στο επιθυμητό μέγεθος μονάδων. Στην περίπτωση που τα προϊόντα διαθέτουν ήδη κάποια αρίθμηση τότε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτή όπως και με τους τυχαίους αριθμούς.

Σε περίπτωση που απορρίψουμε μία παρτίδα τότε:

- είτε επιστρέφουμε την παρτίδα στον προμηθευτή, ο οποίος επιβαρύνεται όλο το κόστος από την παραλαβή, παράδοση και επιδιόρθωση των ασυμφωνιών
- είτε αποκαθιστούμε όποτε είναι εφικτό στο δικό μας χώρο τα «ασυμφωνούντα» προϊόντα
- είτε βγάζουμε στην αγορά την παρτίδα έχοντας απομακρύνει τα μη συμφωνούντα προϊόντα, όμως εδώ θα χρειαστεί να κάνουμε 100% έλεγχο κάτι το οποίο ουσιαστικά ξεφεύγει από τα πλαίσια της δειγματοληψίας.

2.1.3.Επιλογή μεθόδου δειγματοληψίας αποδοχής

Για να επιλέξουμε ποια διαδικασία-ποιο είδος δειγματοληψίας αποδοχής θα χρησιμοποιήσουμε θέλουμε να γνωρίζουμε τον σκοπό που μία εταιρεία θέλει να προχωρήσουμε σε δειγματοληψία αποδοχής αλλά και το ιστορικό της εταιρείας που επρόκειτο να πάρουμε δείγμα. Η εφαρμογή της δειγματοληψίας αποδοχής δεν είναι στατική, δηλαδή μπορεί σε διαφορετικό στάδιο ή χρονικό σημείο να ακολουθούμε άλλο είδος δειγματοληψίας αναλόγως τι έχει προηγηθεί ή τι χρειαζόμαστε. Όταν, για παράδειγμα, για κάποιον προμηθευτή γνωρίζουμε από το ιστορικό του πως έχει άριστη ποιότητα τότε μπορεί αρχικά να ξεκινήσουμε με δειγματοληψία αποδοχής ιδιοτήτων. Στη συνέχεια και καθώς προχωράμε στον χρόνο εφόσον η άριστη ποιότητα του προμηθευτή συνεχίζει να υπάρχει μπορούμε λόγω της εμπιστοσύνης μας στον προμηθευτή να εφαρμόσουμε δειγματοληψία σε επιλεγόμενες παρτίδες, στην οποία έχουμε πιο περιορισμένο έλεγχο. Τέλος, και εφόσον έχει περάσει αρκετός καιρός που εφαρμόζουμε στον ίδιο προμηθευτή τη δειγματοληψία σε επιλεγόμενες παρτίδες και συνεχίζουμε να παρατηρούμε πως έχουμε πολύ καλά αποτελέσματα στην ποιότητα μπορούμε μέχρι και να σταματήσουμε να εφαρμόζουμε κάποια δειγματοληψία αποδοχής για το συγκεκριμένο προϊόν. Σε μία διαφορετική περίπτωση στην οποία έχουμε πολύ μικρή έως και καθόλου πληροφορία για το ιστορικό του προμηθευτή όσον αφορά την ποιότητα κάποιου προϊόντος μπορούμε να ξεκινήσουμε με ένα πλάνο

δειγματοληψίας αποδοχής ιδιοτήτων το οποίο θα μας εξασφαλίζει πως η ποιότητα του προϊόντος δε θα είναι χειρότερη από την προδιαγραφή που έχουμε ορίσει. Καθώς προχωράμε στο χρόνο και σύμφωνα με το πλάνο δειγματοληψίας παίρνουμε ικανοποιητικά αποτελέσματα για την ποιότητα του προϊόντος μπορούμε να περάσουμε στην εφαρμογή δειγματοληψίας αποδοχής μεταβλητών. Τέλος, αξιοποιώντας την πληροφορία που αποκομίζουμε μέσω της δειγματοληψίας αποδοχής μεταβλητών αλλά και προσθέτοντας ελέγχους διεργασιών επιτόπου στη γραμμή παραγωγής του προμηθευτή μπορούμε να πετύχουμε να φτάσουμε την ικανότητα-ποιότητα του προμηθευτή σε τέτοιο σημείο ώστε να σταματήσουμε κάθε δειγματοληψία αποδοχής.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί μπορούμε να δούμε πως εξελίσσεται η μετάβαση από τη δειγματοληψία αποδοχής στον έλεγχο διεργασιών και από εκεί στο σχεδιασμό πειραμάτων. Όπως βλέπουμε μία νεοσύστατη εταιρεία ξεκινάει με την εφαρμογή δειγματοληψίας αποδοχής και καθώς ο χρόνος προχωρά η μέθοδος αυτή εγκαταλείπεται για να αντικατασταθεί σχεδόν πλήρως από τον έλεγχο διεργασιών και τον σχεδιασμό πειραμάτων.

Διάγραμμα 1

Φάσεις μεθόδων ελέγχου ποιότητας [1]



Οι κατασκευαστές μειώνοντας τον αριθμό των προμηθευτών από τους οποίους παίρνουν τις πρώτες ύλες-τα αρχικά εξαρτήματα και εξασφαλίζοντας

όσο το δυνατόν στενότερη συνεργασία μαζί τους προσπαθούν να βελτιώσουν την ποιότητα των προϊόντων τους. Ο τρόπος για να επιτευχθεί αυτό είναι ο στατιστικός έλεγχος διεργασιών. Η πιο συμφέρουσα οικονομικά επιλογή είναι να χρησιμοποιούμε στατιστικές μεθόδους παρακολούθησης της διαδικασίας στο κατάλληλο στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας, ενώ παράλληλα όταν χρειάζεται μπορούμε να χρησιμοποιούμε και τη δειγματοληψία αποδοχής.

2.2.Απλή Δειγματοληψία

Στην απλή δειγματοληψία εξετάζουμε ένα μόνο δείγμα που περιέχει n μονάδες και στην οποία καθορίζουμε έναν αριθμό αποδοχής c για να αποδεχθούμε ή να απορρίψουμε μία παρτίδα. Εάν για παράδειγμα από μία παρτίδα 5000 μονάδων παίρνουμε δείγμα 100 μονάδων και έχουμε αριθμό αποδοχής c=2 τότε στην περίπτωση που βρούμε από 0 έως και 2 μονάδες ασυμφωνίας τότε αποδεχόμαστε την παρτίδα, σε αντίθετη περίπτωση την απορρίπτουμε.

2.2.1.Χαρακτηρίζουσα καμπύλη λειτουργίας (Operating Characteristic curve) απλής δειγματοληψίας

Ένα σημαντικό μέτρο της απόδοσης της δειγματοληψίας αποδοχής είναι η χαρακτηρίζουσα καμπύλη λειτουργίας. Η χαρακτηρίζουσα καμπύλη δείχνει την πιθανότητα αποδοχής μίας παρτίδας σε σχέση με το ποσοστό μη συμφωνούντων στοιχείων που περιέχει, δηλαδή διακρίνει τις αποδεκτές από τις απορριπτέες παρτίδες. Για να κατασκευάσουμε την OC curve ακολουθούμε την εξής διαδικασία :

Θεωρούμε το μέγεθος των παρτίδων μεγάλο ή συνεχής παραγωγή και η κατανομή των μη συμφωνούντων στοιχείων , d, σε ένα τυχαίο δείγμα n στοιχείων είναι η διωνυμική με συνάρτηση πιθανότητας

$$f(d)=\binom{n}{d}p^{d}(1-p)^{n-d} \quad , d=0,1,\ldots,n$$

όπου p είναι το κλάσμα μη συμφωνούντων.

Η πιθανότητα αποδοχής είναι η πιθανότητα το d να είναι μικρότερο ή ίσο του c :

$$P_\alpha = P\{d \le c\} = \sum_{d=0}^{c} \binom{n}{d} p^d (1-p)^{n-d}$$

Αν για παράδειγμα το p=0.01 , n=89 και c=2 τότε έχουμε :

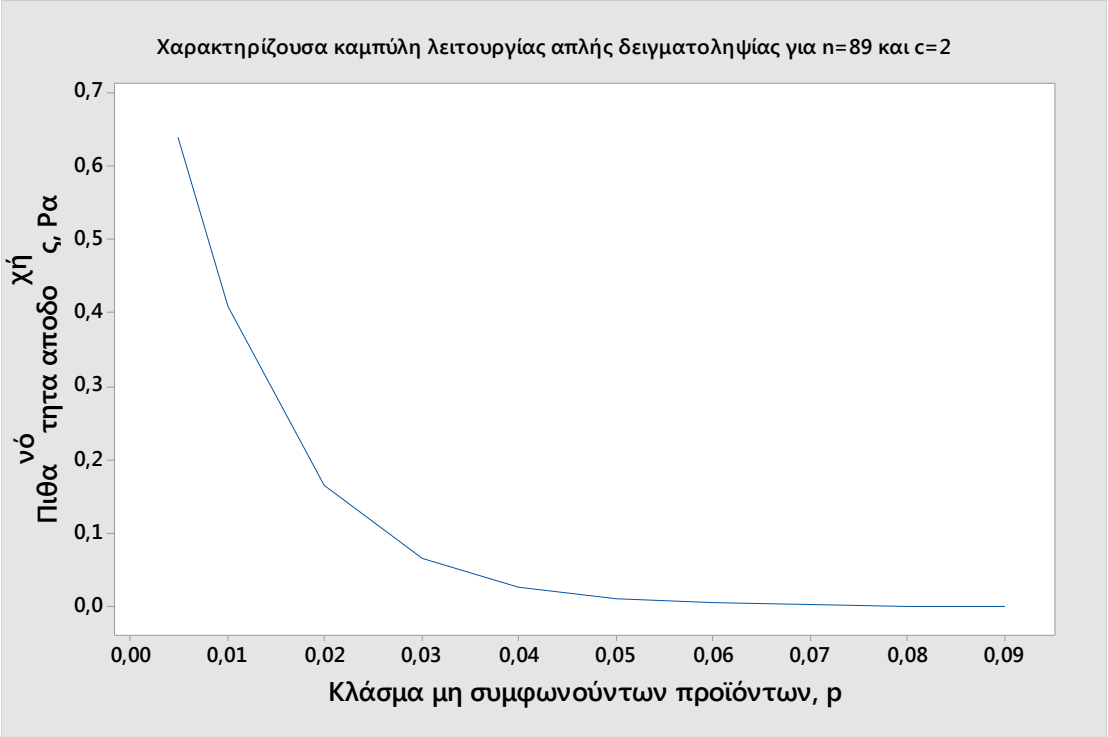
$$P_\alpha = P\{d \le 2\} = \sum_{d=0}^{2} \binom{89}{d} 0.01^d (1-0.01)^{89-d} = 0.9397$$

Για ποσοστό 2% μη συμφωνούντων των παρτίδων, η πιθανότητα αποδοχής είναι περίπου 0.94. Αυτό σημαίνει ότι στις 100 παρτίδες αναμένουμε να απορρίψουμε 6 παρτίδες και να κάνουμε αποδεκτές 94 παρτίδες.

Παίρνοντας διάφορες τιμές για το p κατασκευάζουμε την χαρακτηρίζουσα καμπύλη.

Διάγραμμα 2

Χαρακτηρίζουσα καμπύλη λειτουργίας απλής δειγματοληψίας για n=89 και c=2 [1]



Για να κατασκευάσουμε την OC καμπύλη του διαγράμματος 1 χρησιμοποιούμε τις τιμές του πίνακα 1.

Πίνακας 1

Τιμές πιθανοτήτων αποδοχής πλάνου απλής δειγματοληψίας με n=89, c=2 [1]

Κλάσμα μη συμφωνούντων προϊόντων, p	**Πιθανότητα αποδοχής, P_α**
0.005	0.9897
0.010	0.9397
0.020	0.7366
0.030	0.4985
0.040	0.3040
0.050	0.1721
0.060	0.0919
0.070	0.0468
0.080	0.0230
0.090	0.0109

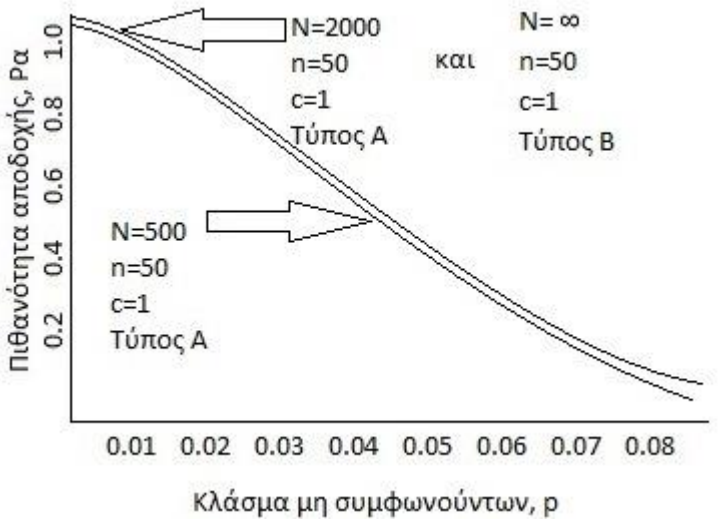
Στην περίπτωση που το μέγεθος του δείγματος n είναι μεγάλο και ταυτόχρονα το p είναι μικρό μπορούμε να προσεγγίσουμε τη διωνυμική κατανομή με τη χρήση της κατανομής Poisson. Έτσι η συνάρτηση πιθανότητας θα είναι :

$$f(d)=\frac{(np)^d e^{-np}}{d!},\ d=0,1,\ldots,n$$

Οι χαρακτηρίζουσες καμπύλες ονομάζονται καμπύλες τύπου Β ή καμπύλες τύπου Α. Καμπύλες τύπου Β ονομάζονται όταν χρησιμοποιούμε τη διωνυμική ή την Poisson κατανομή και καμπύλες τύπου Α όταν χρησιμοποιούμε την υπεργεωμετρική κατανομή. Χρησιμοποιούμε την υπεργεωμετρική κατανομή όταν το μέγεθος της παρτίδας είναι μικρό ή όταν ελέγχουμε μεμονωμένη παρτίδα ορισμένου μεγέθους. Οι καμπύλες τύπου Α βρίσκονται πιο κάτω από τις καμπύλες τύπου Β. Όταν ο αριθμός N των παρτίδων είναι τουλάχιστον 10πλασιο του μεγέθους n του δείγματος τότε στην ουσία οι δύο καμπύλες ταυτίζονται. Παρακάτω βλέπουμε ένα παράδειγμα καμπύλης τύπου Α και καμπύλης τύπου Β στο ίδιο διάγραμμα, που περικλείει όσα μόλις αναφέραμε :

Διάγραμμα 3

Χαρακτηρίζουσες καμπύλες λειτουργίας τύπου Α και τύπου Β [1]

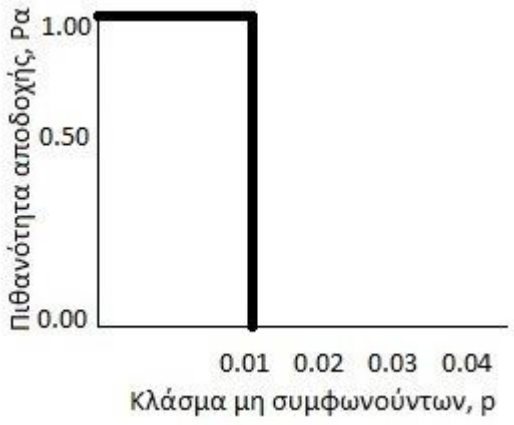


2.2.2.Επίδραση του μεγέθους του δείγματος και του αριθμού αποδοχής στη χαρακτηρίζουσα καμπύλη

Η μορφή της χαρακτηρίζουσας καμπύλης εξαρτάται από το μέγεθος του δείγματος και από τον αριθμό αποδοχής. Ακολούθως παρουσιάζουμε διάφορες περιπτώσεις για το πως διαμορφώνεται η καμπύλη σε αλλαγές του n και του c.

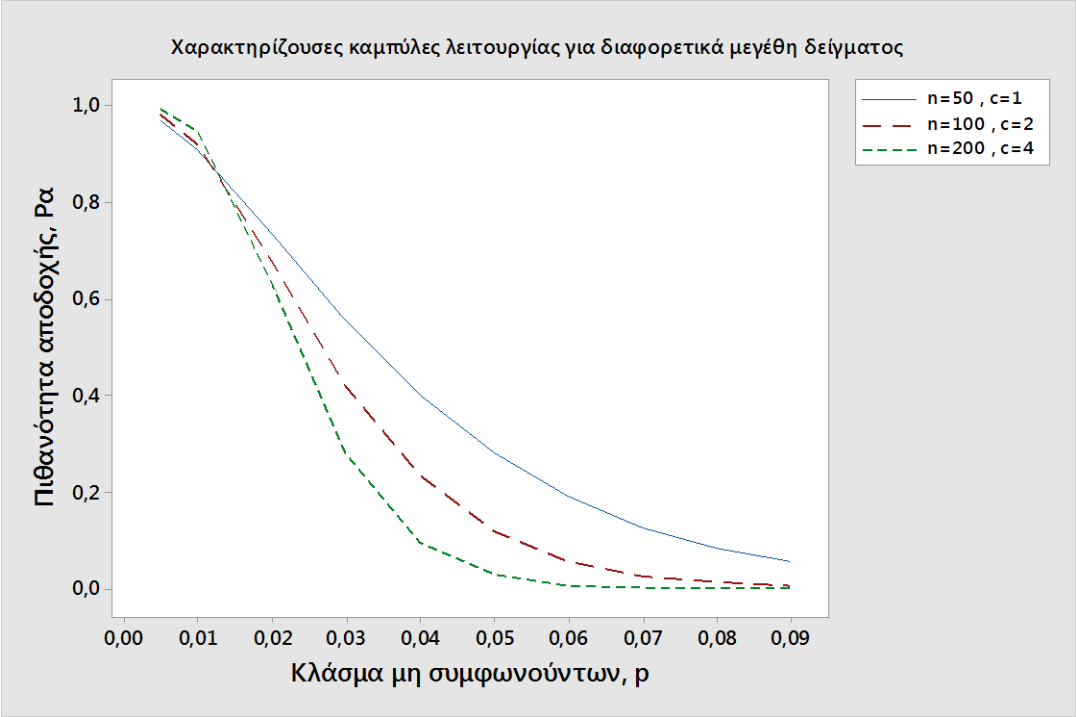
Διάγραμμα 4

Ιδανική χαρακτηρίζουσα καμπύλη λειτουργίας [1]



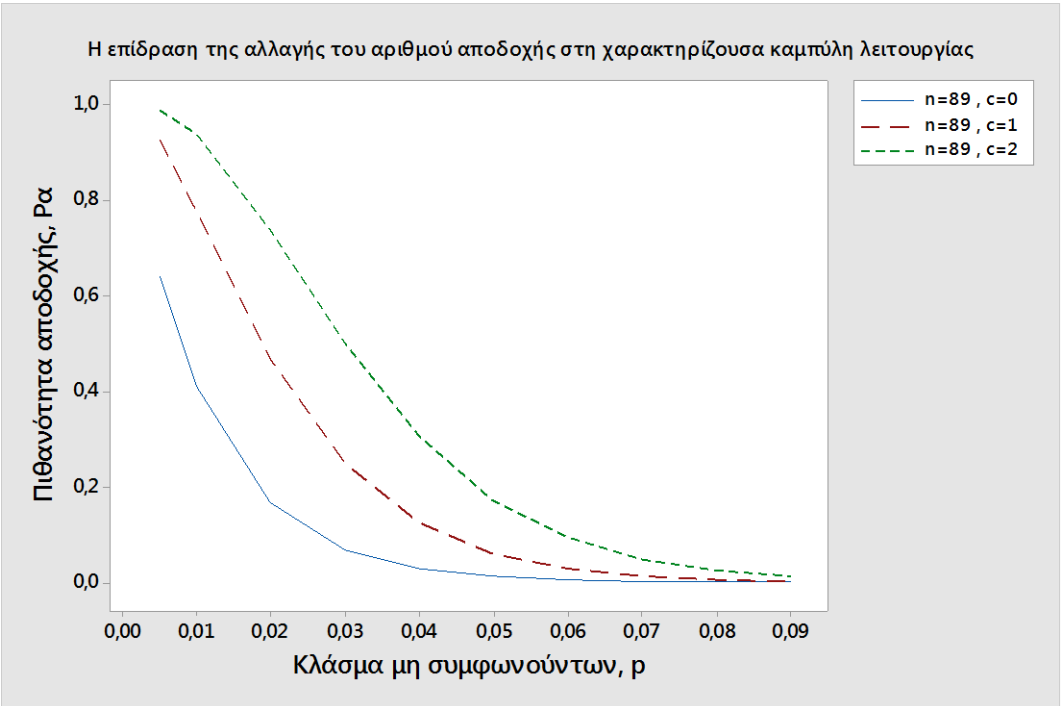
Διάγραμμα 5

Χαρακτηρίζουσες καμπύλες λειτουργίας για διαφορετικά μεγέθη δείγματος [1]



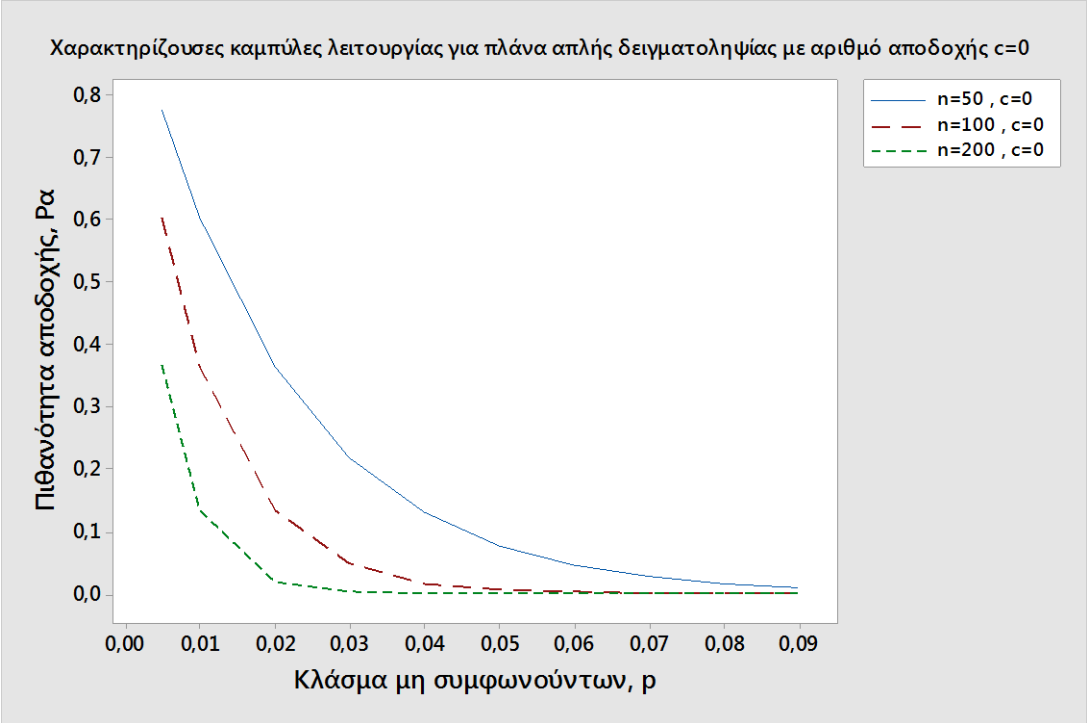
Διάγραμμα 6

Η επίδραση της αλλαγής του αριθμού αποδοχής στη χαρακτηρίζουσα καμπύλη λειτουργίας [1]



Διάγραμμα 7

Χαρακτηρίζουσες καμπύλες λειτουργίας για πλάνα απλής δειγματοληψίας με αριθμό αποδοχής c=0 [1]



Στο διάγραμμα 4 βλέπουμε την ιδανική μορφή της χαρακτηρίζουσας καμπύλης η οποία θα μπορούσε να ξεχωρίσει «ιδανικά» τις αποδεκτές από τις απορριπτέες παρτίδες η οποία στην πράξη είναι σχεδόν ανέφικτη. Για ποσοστό μη συμφωνούντων μέχρι 1% προβλέπεται οι παρτίδες να είναι 100% αποδεκτές και για ποσοστό μη συμφωνούντων μεγαλύτερο από 1% οι παρτίδες είναι 100% απορριπτέες. Στην πρώτη περίπτωση η πιθανότητα αποδοχής $P_α$=1 και η χαρακτηρίζουσα καμπύλη είναι παράλληλη με τον άξονα x , ενώ στη δεύτερη περίπτωση η πιθανότητα αποδοχής $P_α$=0 και η καμπύλη πέφτει στο μηδέν και εφάπτεται με τον άξονα x. Εάν μπορούσε να επιτευχθεί ένα πλάνο δειγματοληψίας τέτοιο σαν αυτό που παρουσιάζεται στο διάγραμμα 4 τότε θα αποδεχόμασταν ή θα απορρίπταμε όλες τις «καλές» ή «κακές» παρτίδες αντίστοιχα.

Στο διάγραμμα 5 παρατηρούμε πως καθώς αυξάνεται το μέγεθος του δείγματος και ενώ ο αριθμός αποδοχής διατηρείται ανάλογος του n η χαρακτηρίζουσα καμπύλη προσεγγίζει την ιδανική OC. Ο τρόπος, λοιπόν, να προσεγγίσουμε την ιδανική χαρακτηρίζουσα καμπύλη είναι με την αύξηση

του μεγέθους του δείγματος. Σε αυτή την περίπτωση όσο μεγαλώνει το μέγεθος του δείγματος τόσο μεγαλώνει και η τιμή αποδοχής c. Τέλος, από αυτό το διάγραμμα διακρίνουμε πως η ακρίβεια μεγαλώνει όσο η καμπύλη του καμπύλης OC γίνεται πιο έντονη.

Στο διάγραμμα 6 βλέπουμε πως για σταθερό μέγεθος δείγματος καθώς αυξάνεται ο αριθμός αποδοχής η καμπύλη OC απομακρύνεται από τον κάθετο άξονα επομένως αυξάνεται η πιθανότητα αποδοχής για το ίδιο ποσοστό ασυμφωνιών.

Τέλος, στο διάγραμμα 7 όπου έχουμε σταθερό αριθμό αποδοχής και αυξανόμενο μέγεθος δείγματος παρατηρούμε ότι μειώνεται η πιθανότητα αποδοχής καθώς αυξάνεται το μέγεθος του δείγματος, ο έλεγχος γίνεται πιο «αυστηρός».

2.2.3.Συγκεκριμένα σημεία στην χαρακτηρίζουσα καμπύλη

Πολλές φορές στην χαρακτηρίζουσα καμπύλη μας ενδιαφέρουν κάποια συγκεκριμένα σημεία, όπως είναι το σημείο στο οποίο έχουμε 95% πιθανότητα αποδοχής της παρτίδας. Το συγκεκριμένο σημείο ενδιαφέρει τους κατασκευαστές οι οποίοι επιθυμούν να γνωρίζουν ποιο είναι το επίπεδο της ποιότητας που πρέπει να έχουν τα προϊόντα τους έτσι ώστε να έχουν 95% πιθανότητα αποδοχής. Το σημείο αυτό βρίσκεται στο πάνω μέρος της καμπύλης, ενώ στο κάτω μέρος της καμπύλης βρίσκεται το σημείο το οποίο ενδιαφέρει τους καταναλωτές ή αυτούς που χρησιμοποιούν τα προϊόντα ως πρώτη ύλη για το τελικό προϊόν. Αυτοί είναι που ενδιαφέρονται ώστε να απορρίπτονται όλες οι μη αποδεκτές παρτίδες. Το ποσοστό λοιπόν των προϊόντων που έχουν μικρή πιθανότητα αποδοχής, δηλαδή το κάτω μέρος της καμπύλης, ονομάζεται αποδεκτή στάθμη ποιότητας (Acceptable Quality Level , AQL).

2.2.4.Άλλες συμπεριφορές της χαρακτηρίζουσας καμπύλης

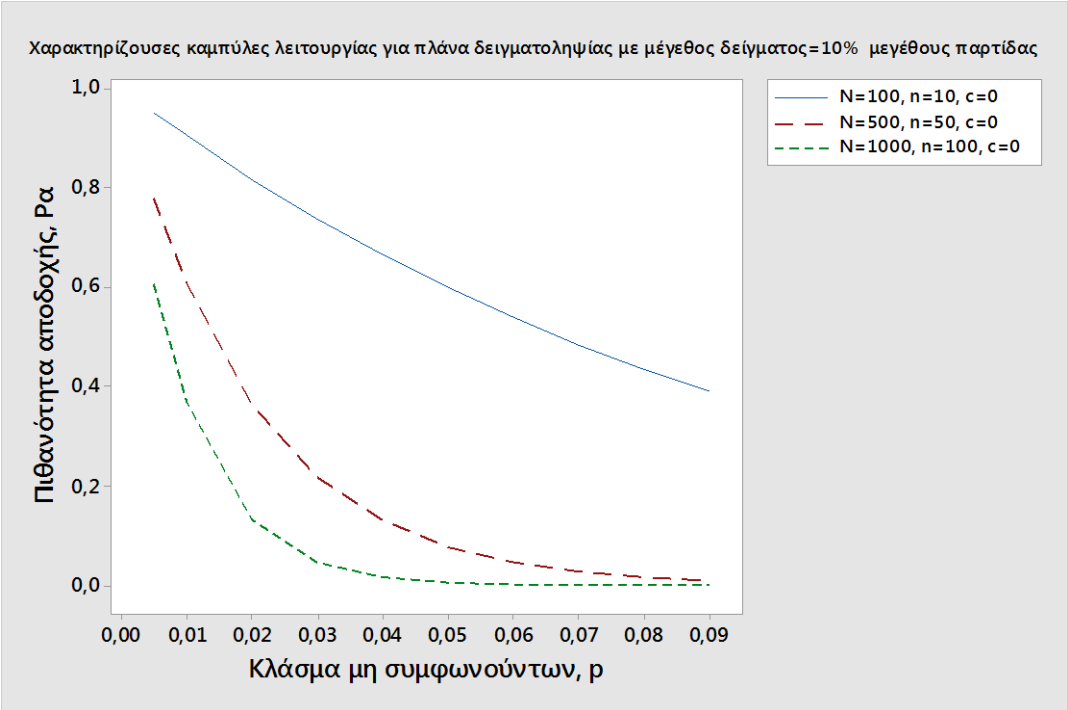
Χρησιμοποιούμε την αποδεκτή στάθμη ποιότητας για να συγκρίνουμε το διάγραμμα 6 με το διάγραμμα 7. Για n=89 και c=1 τότε η πιθανότητα

αποδοχής παρτίδας στο σημείο της αποδεκτής στάθμης ποιότητας είναι περίπου 78% ενώ για n=89 και c=0 η αντίστοιχη πιθανότητα είναι περίπου 41%. Αντιλαμβανόμαστε πως στη δεύτερη περίπτωση σχεδόν το 60% των παρτίδων θα απορριφθούν, κάτι το οποίο είναι πολύ δαπανηρό για τον κατασκευαστή αλλά και για τον καταναλωτή. Επιπλέον, η συσσώρευση τόσων πολλών απορριφθέντων παρτίδων στον κατασκευαστή μπορεί να επιφέρει υπερβολικά μεγάλες καθυστερήσεις στη γραμμή παραγωγής. Για αυτό το λόγο όταν έχουμε c=0 καταφεύγουμε σε άλλες τεχνικές όπως είναι η αλυσιδωτή δειγματοληψία που θα μελετήσουμε σε επόμενο κεφάλαιο.

Τέλος, στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζουμε την περίπτωση που το μέγεθος του δείγματος είναι σταθερό ποσοστό αναλόγως του μεγέθους της παρτίδας. Στην ακόλουθη περίπτωση έχουμε μέγεθος δείγματος 10% του αντίστοιχου μεγέθους παρτίδας.

Διάγραμμα 8

Χαρακτηρίζουσες καμπύλες λειτουργίας για πλάνα δειγματοληψίας όπου το μέγεθος του δείγματος είναι το 10% του μεγέθους της παρτίδας [1]



Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε πως η αλλαγή του μεγέθους του δείγματος επιφέρει μεγάλη αλλαγή και στην χαρακτηρίζουσα καμπύλη

επομένως και στα «επίπεδα προστασίας» κάτι το οποίο προφανώς δεν είναι ευχάριστο για τους καταναλωτές καθώς φαίνεται παράλογο να εμφανίζονται τόσο μεγάλες αλλαγές αναλόγως το μέγεθος της παρτίδας. Παρόλο που έχουμε αυτή την εικόνα, υπάρχουν περιπτώσεις, σπάνια, που χρησιμοποιείται αυτή η επιλογή αν και δε θα έπρεπε.

2.2.5.Σχεδιασμός πλάνου απλής δειγματοληψίας με δεδομένη την χαρακτηρίζουσα καμπύλη

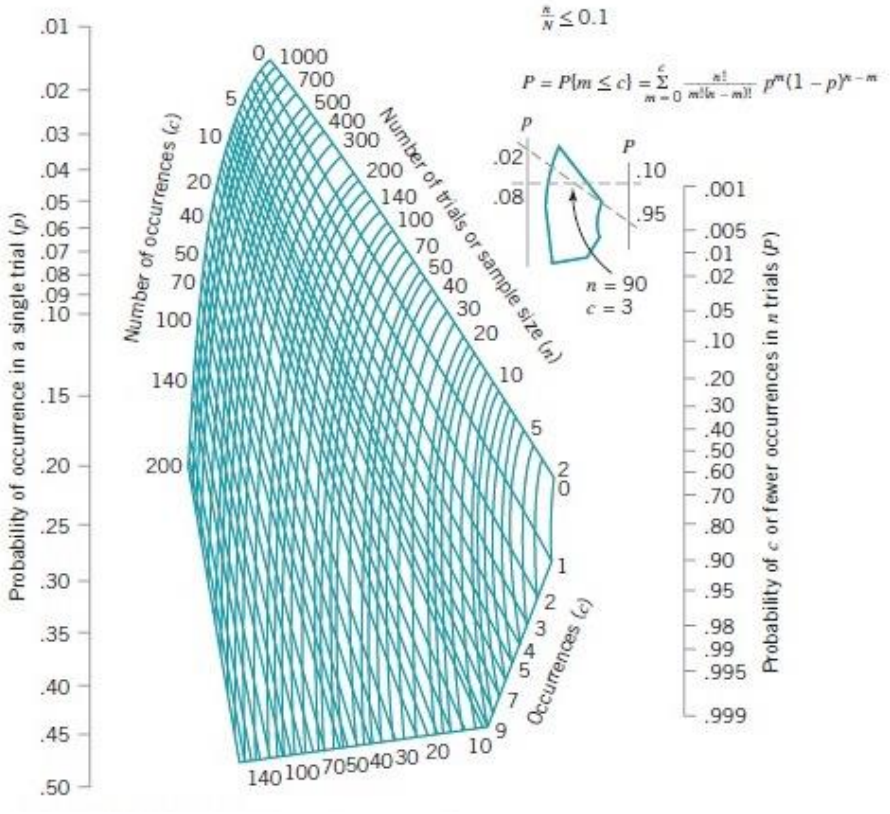
Μία συνήθης προσέγγιση για το σχεδιασμό ενός πλάνου δειγματοληψίας αποδοχής απαιτεί η χαρακτηρίζουσα καμπύλη να περνά από δύο οποιαδήποτε σημεία. Ένα δεν αρκεί όμως δύο σημεία είναι επαρκή. Υποθέτουμε ότι έχουμε καμπύλη τύπου B , δηλαδή χρησιμοποιούμε τη διωνυμική κατανομή, και για το σχεδιασμό ενός πλάνου δειγματοληψίας απαιτείται να έχουμε πιθανότητα αποδοχής 1-α όπου α είναι ο κίνδυνος παραγωγού για παρτίδες με p_1 ποσοστό μη συμφωνούντων προϊόντων και πιθανότητα αποδοχής β (κίνδυνος καταναλωτή) για παρτίδες με p_2 ποσοστό μη συμφωνούντων προϊόντων τότε ισχύουν οι ακόλουθες σχέσεις :

$$1-\alpha=\sum_{d=0}^{c}\binom{n}{d}p_1^d(1-p_1)^{n-d}$$

$$b=\sum_{d=0}^{c}\binom{n}{d}p_2^d(1-p_2)^{n-d}$$

Διάγραμμα 9

Νομογράφημα προσδιορισμού πλάνων απλής δειγματοληψίας [2]



Για την επίλυση των παραπάνω μη γραμμικών εξισώσεων χρησιμοποιείται το παραπάνω νομογράφημα, σύμφωνα με τον H.R. Larson [2], που με την χάραξη μίας γραμμής που ενώνει το p_1 με το 1-α και μία γραμμή που ενώνει το p_2 με το β εντοπίζουμε το σημείο που διασταυρώνονται αυτές οι δύο γραμμές και είναι αυτό που μας δίνει το επιθυμητό πλάνο δειγματοληψίας. Έστω ότι έχουμε 1-α=0.95 με p_1=0.02 και β=0.10 με p_2=0.08 τότε χαράσσοντας αυτές τις δύο γραμμές η διασταύρωση τους μας δίνει το δειγματοληπτικό πλάνο με n=90 και c=3.

Παρόλο που για να βρούμε τα n και c μπορούν να χρησιμοποιηθούν οποιαδήποτε δύο σημεία της OC καμπύλης συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται τα σημεία με τετμημένες την αποδεκτή στάθμη ποιότητας AQL= p_1 και την απορριπτέα στάθμη ποιότητας LTPD=p_2 και με τεταγμένες 1-α όπου α είναι το ρίσκο του παραγωγού και β όπου είναι το ρίσκο του καταναλωτή.

2.2.6.Επανορθωτικός έλεγχος απλής δειγματοληψίας

Τα προγράμματα δειγματοληψίας αποδοχής συνήθως χρειάζονται διορθωτικές ενέργειες όταν οι παρτίδες απορρίπτονται. Συνήθως ελέγχουμε το 100% της κάθε απορριπτόμενης παρτίδας και δρούμε ως εξής : είτε προχωρούμε σε επιτόπια αντικατάσταση αν αυτό είναι δυνατόν το οποίο δεν είναι και το πιο επιθυμητό , είτε επιστρέφονται στον παραγωγό για να προχωρήσει αυτός στον έλεγχο των παρτίδων το οποίο τον αναγκάζει να βελτιώσει τους ποιοτικούς του ελέγχους. Αυτή η διαδικασία δειγματοληψίας ονομάζεται επανορθωτικός έλεγχος, επειδή η τελική ποιότητα του προϊόντος επηρεάζεται από τον έλεγχο αυτόν.

Όταν ο κατασκευαστής ενδιαφέρεται να γνωρίζει την μέση τιμή της ποιότητας σε κάποιο στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας τότε καταφεύγουμε στον επανορθωτικό έλεγχο. Ο επανορθωτικός έλεγχος χρησιμοποιείται σε κάθε στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας, είτε σε τελικά προϊόντα είτε σε ημιτελή προϊόντα. Ο σκοπός χρησιμοποίησης του επανορθωτικού ελέγχου εντός εργοστασίου (εντός της παραγωγικής διαδικασίας) είναι ώστε να προσφέρεται ασφάλεια για την ποιότητα των πρώτων υλών περνώντας από στάδιο σε στάδιο της διαδικασίας παραγωγής.

Αρχικά έχουμε ένα κλάσμα μη συμφωνούντων p_0 και ελέγχοντας τις παρτίδες κάποιες απορρίπτονται και κάποιες γίνονται δεκτές. Αυτές που απορρίπτονται μέσω του επανορθωτικού ελέγχου καταλήγουν να έχουν μηδενικό κλάσμα μη συμφωνούντων και μαζί με τις αποδεκτές σχηματίζουν τις «τελικές» παρτίδες που εξάγονται από τη διαδικασία παραγωγής όμως πλέον με ένα νέο κλάσμα μη συμφωνούντων p_1 το οποίο είναι μικρότερο από το αρχικό p_0.

Αφού πραγματοποιήσουμε στον επανορθωτικό έλεγχο η τιμή της μέσης εξερχόμενης ποιότητας (AOQ) χρησιμοποιείται για να εκτιμήσουμε την ποιότητα των προϊόντων. Η AOQ προκύπτει από μακροχρόνιο έλεγχο παρτίδων ως το μέσο κλάσμα μη συμφωνουσών εξερχόμενων μονάδων ανά παρτίδα. Οι απορριπτόμενες παρτίδες ελέγχονται πλήρως. Σε παρτίδες μεγέθους N ορίζουμε τις ακόλουθες ποσότητες :

- n μονάδες στο δείγμα οι οποίες μετά τον επανορθωτικό έλεγχο δεν περιέχουνε μη συμφωνούσες μονάδες καθώς έχουνε αντικατασταθεί από δεκτές
- N-n μονάδες οι οποίες εάν η παρτίδα έχει απορριφθεί δεν περιέχουν μη συμφωνούσες μονάδες
- N-n μονάδες οι οποίες εάν η παρτίδα έχει γίνει δεκτή περιέχουν p(N-n) μη συμφωνούσες μονάδες

Επομένως η μέση εξερχόμενη ποιότητα δίνεται από τον ακόλουθο τύπο :

$$AOQ = \frac{P_a p(N-n)}{N}$$

Έστω ότι έχουμε N=7000 , n=120 , c=2 και το p=0.01 τότε η AOQ υπολογίζεται ως εξής :

$$AOQ = \frac{0.88 * 0.01 * (7000-120)}{7000} = 0.0086$$

Η μέση εξερχόμενη ποιότητα μας δείχνει πως μετά τον επανορθωτικό έλεγχο υπάρχουν κατά μέσο όρο 0.86% μη συμφωνούντα προϊόντα ανά παρτίδα.

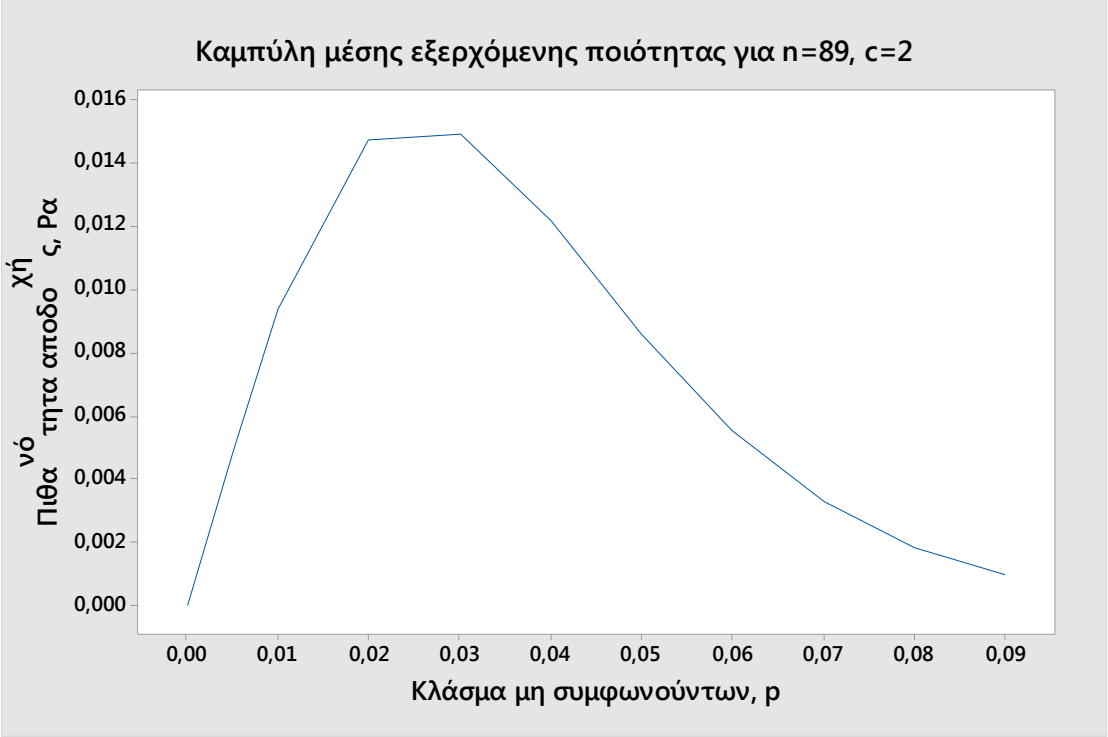
Καθώς το N αυξάνεται ο παραπάνω τύπος τείνει να γίνει

$$AOQ = P_a p$$

Παρακάτω παρουσιάζουμε την καμπύλη της μέσης εξερχόμενης ποιότητας για n=89 και c=2 :

Διάγραμμα 10

Καμπύλη μέσης εξερχόμενης ποιότητας για n=89, c=2 [1]



Παρατηρούμε πως όταν η εισερχόμενη ποιότητα των παρτίδων είναι καλή τότε και η μέση εξερχόμενη ποιότητα είναι εξίσου καλή, και επιπλέον όταν η εισερχόμενη ποιότητα των παρτίδων είναι κακή τότε λόγω του ότι απορρίπτονται αρκετές παρτίδες και περνούν από τον επανορθωτικό έλεγχο καταλήγουμε να έχουμε πολύ καλή εξερχόμενη ποιότητα στις παρτίδες. Το σημείο στο οποίο κορυφώνεται η καμπύλη ονομάζεται όριο μέσης εξερχόμενης ποιότητας και είναι μας δίνει την χειρότερη μέση εξερχόμενη ποιότητα που μπορεί να έχουμε οποιαδήποτε και αν είναι η εισερχόμενη ποιότητα. Στην περίπτωσή μας είναι 1.55% και αφορά το σύνολο των παρτίδων και όχι κάποια μεμονωμένη παρτίδα.

Ένα άλλο σημαντικό μέτρο που έχει σχέση με τον επανορθωτικό έλεγχο είναι ο συνολικός αριθμός ελεγχόμενων προϊόντων του πλάνου δειγματοληψίας μας. Αν οι παρτίδες δεν περιέχουν μη συμφωνούντα προϊόντα καμία παρτίδα δε θα απορριφθεί και ο αριθμός ελέγχου ανά παρτίδα θα είναι το μέγεθος του δείγματος n. Αν τα προϊόντα είναι όλα μη συμφωνούντα τότε κάθε παρτίδα θα ελεγχθεί κατά 100% και η ποσότητα ελέγχου ανά παρτίδα θα είναι το μέγεθος της παρτίδας N. Αν η ποιότητα της παρτίδας είναι $0<p<1$ ο μέσος αριθμός ελέγχου ανά παρτίδα θα ποικίλλει μεταξύ του n και του N. Αν

η παρτίδα είναι ποιότητας p και η πιθανότητα αποδοχής της παρτίδας είναι P_α τότε ο μέσος συνολικός αριθμός ελεγχόμενων προϊόντων ανά παρτίδα (ATI) θα είναι :

$$ATI = n + (1 - P_a) * (N - n)$$

Σε συνέχεια του τελευταίου παραδείγματός μας για N=7000 , n=120 , c=2 και p=0.01 εφόσον P_α=0.88 έχουμε :

$$ATI = 120 + (1 - 0.88) * (7000 - 120) = 945.6 \simeq 946$$

Ο μέσος συνολικός αριθμός ελεγχόμενων προϊόντων είναι 946.

2.3.Διπλή Δειγματοληψία

Στη διπλή δειγματοληψία καθορίζονται 4 παράμετροι που είναι οι εξής :

- n_1 : το μέγεθος δείγματος της $1^{ης}$ δειγματοληψίας
- c_1 : ο αριθμός αποδοχής της $1^{ης}$ δειγματοληψίας
- n_2 : το μέγεθος δείγματος της $2^{ης}$ δειγματοληψίας
- c_2 : ο αριθμός αποδοχής και για τις δύο δειγματοληψίας

Και οι περιπτώσεις διαμορφώνονται ως εξής :

- Αν $d_1 \leq c_1$ η παρτίδα είναι αποδεκτή από την πρώτη δειγματοληψία
- Αν $d_1 > c_2$ η παρτίδα απορρίπτεται από την πρώτη δειγματοληψία
- $c_2 \geq d_1 > c_1$ τότε πραγματοποιούμε τη δεύτερη δειγματοληψία και έχουμε:
    - Αν $d_1+d_2 \leq c_2$ η παρτίδα είναι αποδεκτή (d_2 : ο αριθμός μη συμφωνούντων προϊόντων στη $2^η$ δειγματοληψία)
    - Αν $d_1+d_2 > c_2$ η παρτίδα απορρίπτεται

Η διπλή δειγματοληψία έχει ως σημαντικότερο πλεονέκτημα το γεγονός πως το n_1 είναι μικρότερο του n και έτσι όταν η πρώτη παρτίδα γίνει αποδεκτή ή απορρίπτεται τότε κερδίζουμε και σε χρήμα και σε χρόνο. Στην περίπτωση βέβαια που χρειαστεί και δεύτερη δειγματοληψία χάνουμε και σε χρόνο και σε χρήμα σε σχέση με την απλή δειγματοληψία , καθώς $n_1+n_2>n$. Επιπρόσθετα δίνει την εικονική «δεύτερη ευκαιρία» στον παραγωγό κάτι το οποίο δεν ισχύει καθώς και τα δύο σχήματα δειγματοληψιών χρησιμοποιούν την ίδια χαρακτηρίζουσα καμπύλη. Επιπλέον, η διπλή δειγματοληψία συνήθως έχει μεγαλύτερα σφάλματα ελέγχου επειδή είναι πιο πολύπλοκη

διαδικασία από την απλή δειγματοληψία. Τέλος, κάποιες φορές έχουμε να αντιμετωπίσουμε την αποθήκευση και τη διαχείριση των πρώτων υλών του πρώτου δείγματος μέχρι να βγάλουμε συμπέρασμα από το δεύτερο δείγμα.

2.3.1.Χαρακτηρίζουσα καμπύλη διπλής δειγματοληψίας

Θα κατασκευάσουμε την χαρακτηρίζουσα καμπύλη τύπου Β χρησιμοποιώντας τη διωνυμική κατανομή και υποθέτοντας πως γνωρίζουμε τις 4 παραμέτρους και όχι τις 6. Υποθέτουμε ότι έχουμε πλάνο δειγματοληψίας με n_1=50 , c_1=1 , n_2=100 , c_2=3 . P_a είναι η πιθανότητα αποδοχής όταν έχουμε ένωση των δειγμάτων P_a^I η πιθανότητα αποδοχής στο πρώτο δείγμα και P_a^{II} η πιθανότητα αποδοχής στο δεύτερο δείγμα τότε:

$$P_a = P_a^I + P_a^{II}$$

P_a^I είναι η πιθανότητα όταν παρατηρούμε $d_1 \leq c_1$=1 σε μέγεθος δείγματος n_1=50 και αν p=0.05 τότε έχουμε :

$$P_a^I = \sum_{d_1=0}^{1} \binom{50}{d_1} * (0.05)^{d_1} * (0.95)^{50-d_1} = 0.279$$

Αν έχουμε 2 ή 3 μη συμφωνούντα προϊόντα στην πρώτη δειγματοληψία τότε προχωράμε στη δεύτερη δειγματοληψία και υπολογίζουμε τα εξής :

- Για d_1 έχουμε d_2=0 ή d_2=1 :

  $P\{d_1=2, d_2 \leq 1\} = P\{d_1=2\} * P\{d_2 \leq 1\}$

  $= \binom{50}{2} * (0.05)^2 * (0.95)^{48} * \sum_{d_2=0}^{1} \binom{100}{d_2} * (0.05)^{d_2} * (0.95)^{100-d_2}$

  =(0.261)*(0.037)=0.0097

- Για d_1=3 και δ_2=0 :

  $P\{d_1=3, d_2=0\} = P\{d_1=3\} * P\{d_2=0\}$

  $= \binom{50}{3} * (0.05)^3 * (0.95)^{47} * \binom{100}{0} * (0.05)^0 * (0.95)^{100}$

  =(0.220)*(0.0059)=0.001

Επομένως : $P_a^{II} = 0.0097 + 0.001 = 0.0107$

Και συνολικά :

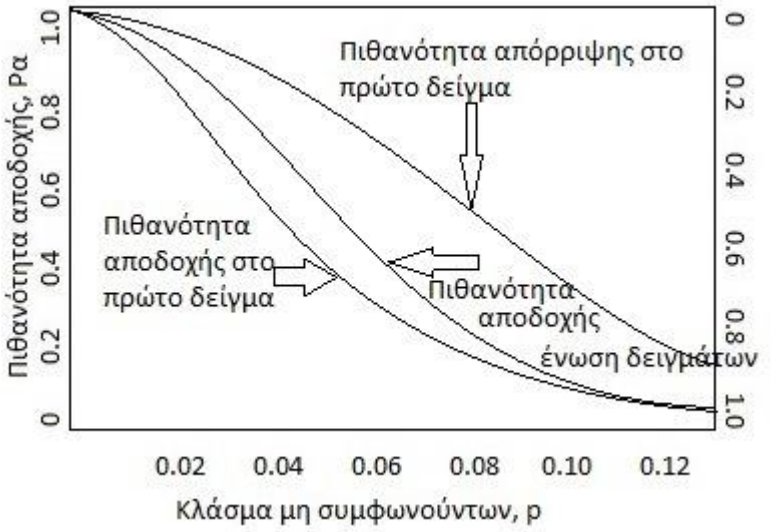
$$P_a = P_a^I + P_a^{II}$$

=0.279+0.0107=0.2897

Με 5% ασυμφωνίες οι παρτίδες έχουν πιθανότητα αποδοχής στην πρώτη δειγματοληψία 27.9% δηλαδή στις 100 παρτίδες γίνονται δεκτές κατά μέσο όρο 28 με την πρώτη δειγματοληψία. Με τη δεύτερη δειγματοληψία γίνεται δεκτή 1 παρτίδα στις 100 , δηλαδή συνολικά στις 100 παρτίδες γίνονται αποδεκτές 29 παρτίδες. Αντίστοιχα υπολογίζονται και άλλα σημεία στην χαρακτηρίζουσα καμπύλη για διαφορετικές τιμές του p. Προφανώς για μικρότερο p θα βελτιωθεί κατά πολύ το πόσες παρτίδες θα γίνονται αποδεκτές.

Διάγραμμα 11

Χαρακτηρίζουσες καμπύλες λειτουργίας για σχέδιο διπλής δειγματοληψίας με n_1=50, c_1=1 , n_2=100, c_2=3 [1]



Όπως βλέπουμε και στο παραπάνω γράφημα όταν είμαστε στη διπλή δειγματοληψία φτιάχνουμε επιπλέον την χαρακτηρίζουσα καμπύλη της αποδοχής και αυτή της απόρριψης, που δεν είναι παρά αυτή της απλής δειγματοληψίας, στο πρώτο δείγμα.

2.3.2.Καμπύλη μέσου μεγέθους δείγματος (ASN)

Στην απλή δειγματοληψία το μέγεθος του δείγματος n από την παρτίδα που ελέγχουμε είναι πάντοτε σταθερό ενώ στη διπλή δειγματοληψία δεν είναι. Αυτό συμβαίνει διότι στη διπλή δειγματοληψία δεν γνωρίζουμε εκ των προτέρων εάν θα χρειαστούμε ή όχι το δεύτερο δείγμα. Η πιθανότητα να χρειαστούμε μία δεύτερη δειγματοληψία μεταβάλλεται ανάλογα με το κλάσμα μη συμφωνούντων στην εξεταζόμενη παρτίδα. Στη διπλή δειγματοληψία το μέσο μέγεθος δείγματος, όταν ελέγχεται πλήρως το δεύτερο δείγμα, ισούται με το μέγεθος του πρώτου δείγματος πολλαπλασιασμένο με την πιθανότητα λήψης απόφασης με το πρώτο δείγμα συν το άθροισμα του πρώτου και δεύτερου δείγματος πολλαπλασιασμένο με την πιθανότητα ότι το δεύτερο δείγμα θα είναι απαραίτητο. Αυτό εκφράζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$ASN = n_1 * P_1 + (n_1 + n_2) * (1 - P_1) = n_1 + n_2 * (1 - P_1)$$

όπου

P_1 είναι η πιθανότητα αποδοχής στο πρώτο δείγμα συν την πιθανότητα απόρριψης στο πρώτο δείγμα.

Για διάφορες τιμές του κλάσματος ασυμφωνιών p με χρήση του παραπάνω τύπου σχηματίζουμε την καμπύλη μέσου μεγέθους δείγματος.

Ο έλεγχος του δεύτερου δείγματος διακόπτεται και η παρτίδα απορρίπτεται όταν ο αριθμός των μη συμφωνούντων προϊόντων στο σύνολό τους υπερβαίνει τον αριθμό αποδοχής c_2. Σε αυτή την περίπτωση έχουμε περιορισμένο έλεγχο του δεύτερου δείγματος. Η χρήση του περιορισμένου ελέγχου μειώνει το μέσο μέγεθος δείγματος που χρειαζόμαστε στη διπλή δειγματοληψία. Δε συνίσταται η χρήση του περιορισμένου ελέγχου στην απλή δειγματοληψία ή στο πρώτο δείγμα της διπλής δειγματοληψίας διότι είναι επιθυμητό να έχουμε πλήρη έλεγχο ενός σταθερού μεγέθους δείγματος ώστε να εξασφαλίσουμε την αμεροληψία στην πρώτη εκτίμηση της ποιότητας των υλικών τα οποία εξετάζουμε. Στην περίπτωση του περιορισμένου ελέγχου η καμπύλη μέσου μεγέθους δείγματος υπολογίζεται από τον τύπο:

$$ASN = n_1 + \sum_{j=c_1+1}^{c_2} P_{(n_1,j)}\left[n_2 P_L(n_2, c_2 - j) + \frac{c_2 - j + 1}{p} P_M(n_2 + 1, c_2 - j + 2)\right]$$

όπου

$P_{(n_1,j)}$ είναι η πιθανότητα παρατήρησης ακριβώς j μη συμφωνούντων σε δείγμα n_1

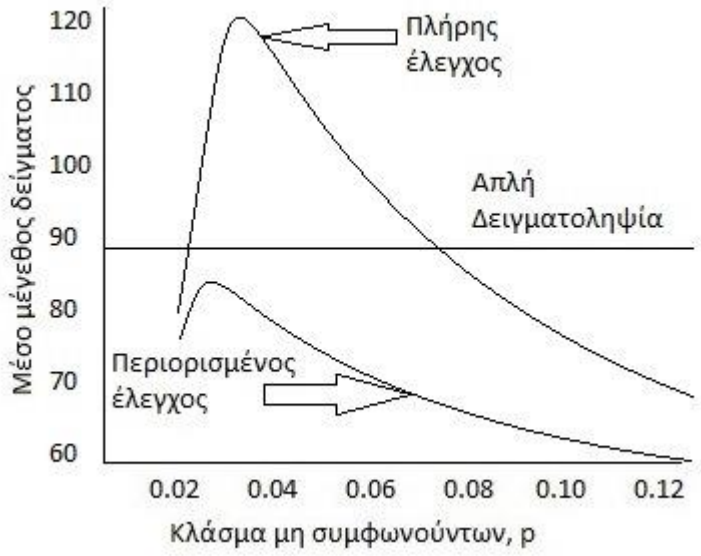
$P_L(n_2, c_2 - j)$ είναι η πιθανότητα παρατήρησης c_2-j ή λιγότερων μη συμφωνούντων προϊόντων σε δείγμα n_2

$P_M(n_2 + 1, c_2 - j + 2)$ είναι η πιθανότητα παρατήρησης c_2-j+2 μη συμφωνούντων σε δείγμα n_2+1

Στο ακόλουθο γράφημα συγκρίνουμε την καμπύλη μέσου μεγέθους δείγματος στη διπλή δειγματοληψία για πλήρη και περιορισμένο έλεγχο με n_1=60, c_1=2, n_2=120, c_2=3 καθώς και το αντίστοιχο πλάνο απλής δειγματοληψίας με n=89 και c=2.

Διάγραμμα 12

Καμπύλες μέσου μεγέθους δείγματος για απλή και διπλή δειγματοληψία [1]



Παραπάνω παρατηρούμε τα εξής:

- Η απλή δειγματοληψία μας δίνει ευθεία γραμμή όπως αναμενόταν εφόσον το μέγεθος του δείγματος είναι σταθερό
- Η καμπύλη ASN της διπλής δειγματοληψίας δε βρίσκεται πιο κάτω από αυτή της απλής δειγματοληψίας καθ'όλο το εύρος του ποσοστού μη συμφωνούντων της παρτίδας. Στην περίπτωση που έχουμε πολύ καλή

ποιότητα στις παρτίδες τότε αυτές θα γίνουν αποδεκτές στο πρώτο δείγμα και αντίστοιχα αν έχουμε κακή ποιότητα στις παρτίδες τότε αυτές θα απορριφθούν στο πρώτο δείγμα. Στην περίπτωση μέτριας ποιότητας των παρτίδων τότε θα χρειαστούμε και δεύτερο δείγμα και σε αυτή την περίπτωση η ASN είναι χειρότερη στη διπλή από ότι στην απλή δειγματοληψία

- Η καμπύλη ASN στην περιορισμένη διπλή δειγματοληψία βρίσκεται κάτω από αυτή της απλής δειγματοληψίας. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται ο αριθμός των ελεγχόμενων προϊόντων.

Είναι φρόνιμο να χρησιμοποιούμε τη διπλή δειγματοληψία με αρκετή προσοχή και σύνεση έτσι ώστε να καταφέρουμε να μειώσουμε το κόστος μας και όχι να το αυξήσουμε σε σχέση με την απλή δειγματοληψία. Είναι χρήσιμο , για παράδειγμα, να κρατάμε ένα ιστορικό για την ποιότητα των παρτίδων κάθε κατασκευαστή και έτσι να γνωρίζουμε πότε πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τη διπλή δειγματοληψία ή να μεταβούμε στην απλή ή άλλες μορφές δειγματοληψίας.

2.3.3.Σχεδιασμός πλάνων διπλής δειγματοληψίας

Στη διπλή δειγματοληψία για το σχεδιασμό ενός πλάνου συνήθως παίρνουμε n_2 πολλαπλάσιο του n_1. Έχοντας το κλάσμα μη συμφωνούντων p_1 για πιθανότητα αποδοχής 1-α και το κλάσμα μη συμφωνούντων p_2 για πιθανότητα αποδοχής β, όπου η πρώτη πιθανότητα αποδοχής είναι αυτή του παραγωγού και η δεύτερη του παραλήπτη, υπολογίζουμε τον λόγο $R=p_1/p_2$. Με τη χρήση του κατάλληλου πίνακα [18, page: 193] βρίσκουμε τα c_1 και c_2 και τα n_1p_1 και n_2p_2 και υπολογίζουμε το n_1 από τον τύπο $n_1=(p_1*n_1)/p_1$.

2.3.4.Επανορθωτικός έλεγχος διπλής δειγματοληψίας

Υποθέτουμε πως όλα τα μη συμφωνούντα προϊόντα αντικαθίστανται είτε κατά τον δειγματοληπτικό έλεγχο είτε κατά τον 100% έλεγχο. Η μέση στάθμη εξερχόμενης ποιότητας (Average Outgoing Quality) υπολογίζεται από τον τύπο :

$$AOQ = \frac{[P_a^I * (N - n_1) + P_a^{II} * (N - n_1 - n_2)] * p}{N}$$

Αντίστοιχα ο μέσος συνολικός αριθμός ελεγχόμενων προϊόντων (Average Total Inspection) υπολογίζεται ως εξής :

$$ATI = n_1 * P_a^I + (n_1 + n_2) * P_a^{II} + N * (1 - P_a)$$

όπου $P_a = P_a^I + P_a^{II}$ είναι το άθροισμα της πιθανότητας αποδοχής με την πρώτη και τη δεύτερη δειγματοληψία. Οι πιθανότητας αποδοχής εξαρτώνται από το κλάσμα των μη συμφωνούντων p.

2.4.Σχέδια πολλαπλής Δειγματοληψίας

Ουσιαστικά η πολλαπλή δειγματοληψία είναι μία επέκταση της διπλής δειγματοληψίας καθώς απαιτούνται παραπάνω από δύο δείγματα. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής : Αν μετά την ολοκλήρωση οποιουδήποτε σταδίου ο αριθμός των μη συμφωνούντων προϊόντων είναι ίσος ή μικρότερος από τον αριθμό αποδοχής τότε η παρτίδα γίνεται αποδεκτή. Αν σε οποιοδήποτε στάδιο ο αριθμός των μη συμφωνούντων προϊόντων ισούται ή είναι μεγαλύτερος από τον αριθμό απόρριψης τότε η παρτίδα απορρίπτεται , διαφορετικά λαμβάνεται και ακόλουθο δείγμα. Η δειγματοληψία συνεχίζεται μέχρι να φτάσουμε στο τελευταίο δείγμα (αρχικά έχουμε καθορίσει πόσα στάδια θα έχουμε) οπότε αποφασίζουμε για την κατάσταση της παρτίδας. Συνήθως το πρώτο δείγμα ελέγχεται κατά 100% ενώ τα επόμενα λιγότερο. Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε ένα παράδειγμα της πολλαπλής δειγματοληψίας.

Πίνακας 2

Στοιχεία σχεδίου πολλαπλής δειγματοληψίας [1]

Αθροιστικό μέγεθος δείγματος	Αριθμός αποδοχής	Αριθμός απόρριψης
20	0	3
40	1	4
60	3	5
80	5	7
100	8	9

Το όφελος της πολλαπλής δειγματοληψίας είναι κυρίως οικονομικό καθώς τα δείγματα που απαιτούνται σε κάθε στάδιο είναι συνήθως μικρότερα από εκείνα της απλής ή της διπλής δειγματοληψίας. Το αρνητικό είναι η μεγαλύτερη πολυπλοκότητα που έχουμε να αντιμετωπίσουμε.

2.5.Σχέδια διαδοχικής δειγματοληψίας

Η διαδοχική δειγματοληψία αποτελεί μία επέκταση της διπλής και της πολλαπλής δειγματοληψίας και αναπτύχθηκε από τον Wald [21]. Στη διαδοχική δειγματοληψία παίρνουμε μία αλληλουχία δειγμάτων από την παρτίδα και αφήνουμε τον αριθμό των δειγμάτων που θα χρειαστούν να καθοριστούν αποκλειστικά από τη διαδικασία δειγματοληψίας. Θα μπορούσε θεωρητικά να συνεχίζεται επ'άπειρον μέχρι να ελέγξουμε το 100% της παρτίδας. Όμως στην πράξη η διαδοχική δειγματοληψία διακόπτεται όταν ο αριθμός που έχουν ελεγχθεί φτάσει να είναι ίσος με 3 φορές τον αριθμό αυτών που ελέγχουμε στην απλή δειγματοληψία. Αν το μέγεθος του δείγματος είναι μεγαλύτερο από 1 σε κάθε στάδιο τότε έχουμε ομαδοποιημένη διαδοχική δειγματοληψία ενώ αν έχουμε μέγεθος δείγματος ίσο με 1 έχουμε διαδοχική δειγματοληψία ανά προϊόν. Η διαδοχική δειγματοληψία ανά προϊόν στηρίζεται στο διαδοχικό έλεγχο λόγου πιθανότητας.

Η διαδοχική δειγματοληψία βασίζεται στις 2 ακόλουθες εξισώσεις:

$$X_A = -h_1 + s * n$$

$$X_R = h_2 + s * n$$

όπου X_A είναι η γραμμή αποδοχής και X_R είναι η γραμμή απόρριψης.

Επιπλέον, έχουμε ότι:

$$h_1 = \frac{\left(log\frac{1-\alpha}{\beta}\right)}{k}$$

$$h_2 = \frac{\left(log\frac{1-\beta}{\alpha}\right)}{k}$$

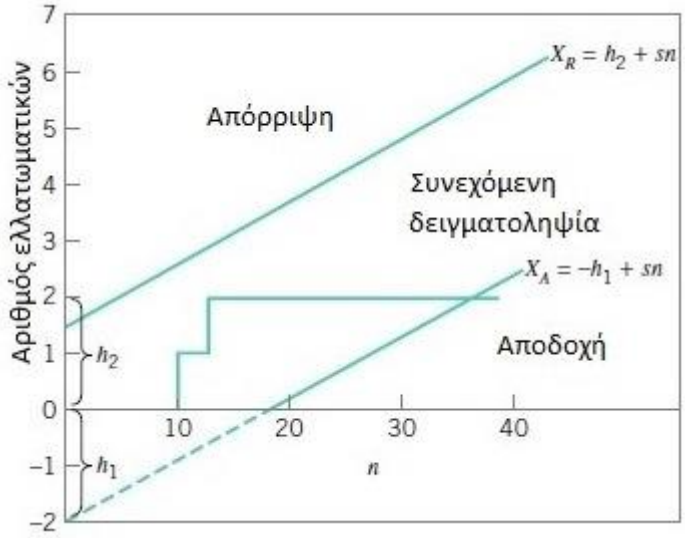
$$k = log\frac{p_2(1-p_1)}{p_1(1-p_2)}$$

$$s = log\left[\frac{\left(\frac{1-p_1}{1-p_2}\right)}{k}\right]$$

Για δεδομένα p_1, α, p_2 και β υπολογίζουμε τα h_1, h_2, k και s και έτσι έχουμε υπολογίσει και τις δύο εξισώσεις X_A και X_R. Με τη χρήση του ακόλουθου γραφήματος μπορούμε να συμπεράνουμε πότε μία παρτίδα απορρίπτεται και πότε γίνεται αποδεκτή.

Διάγραμμα 13

Γραφική απεικόνιση διαδοχικής δειγματοληψίας [1]



Όταν ένα σημείο βρίσκεται πάνω στη γραμμή απόρριψης ή πιο πάνω από αυτή τότε η παρτίδα απορρίπτεται, ενώ εάν βρίσκεται πάνω στη γραμμή αποδοχής ή πιο κάτω από αυτή τότε η παρτίδα είναι αποδεκτή. Το κάθε ένα σημείο απεικονίζει τον συνολικό αριθμό προϊόντων που έχουμε επιλέξει μέχρι εκείνη

τη στιγμή και το συνολικό αριθμό των παρατηρηθέντων ελαττωματικών προϊόντων.

2.5.1.Η χαρακτηρίζουσα καμπύλη και η καμπύλη μέσου μεγέθους δείγματος στη διαδοχική δειγματοληψία

Για τη χαρακτηρίζουσα καμπύλη έχουμε τα εξής τρία σημεία:

- Το σημείο (p_1,1-α)
- Το σημείο (p_2, β)
- Το σημείο κοντά στο κέντρο της καμπύλης που είναι το p=s και $P_\alpha = \frac{h_2}{h_1+h_2}$.

Η καμπύλη μέσου μεγέθους δείγματος είναι:

$$ASN = P_\alpha\left(\frac{A}{C}\right) + (1 - P_\alpha)\frac{B}{C}$$

όπου $A = log\frac{\beta}{1-\alpha}$

$$B = log\frac{1-\beta}{\alpha}$$

$$C = plog\left(\frac{p_2}{p_1}\right) + (1-p)log\left(\frac{1-p_2}{1-p_1}\right)$$

2.5.2.Επανορθωτικός έλεγχος διαδοχικής δειγματοληψίας

Η μέση στάθμη εξερχόμενης ποιότητας δίνεται από τον τύπο :

$AOQ=P_\alpha p$

Ο μέσος συνολικός αριθμός ελεγχόμενων προϊόντων δίνεται από τον τύπο :

$$ATI = P_\alpha\left(\frac{A}{C}\right) + (1 - P_\alpha)N$$

2.6 Προδιαγραφή MIL-STD-105E

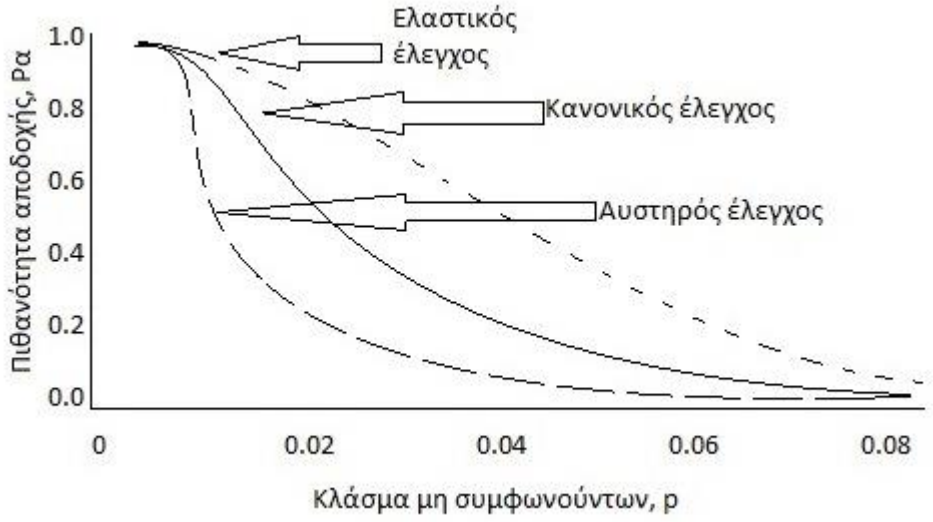
Στην ενότητα αυτή θα ασχοληθούμε με την πιο συχνά χρησιμοποιούμενη προδιαγραφή η οποία βασίζεται στη δειγματοληψία ιδιοτήτων κατά παρτίδα και αυτή είναι η MIL-STD-105E [3]. Η ανάπτυξη αυτών των μεθόδων ξεκίνησε κατά τη διάρκεια του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου. Συγκεκριμένα η MIL-STD-105A που ήταν η αρχική έκδοση της προδιαγραφής δημοσιεύτηκε πρώτη φορά το 1950 ενώ η MIL-STD-105E που είναι και η τελευταία έκδοση της προδιαγραφής δημοσιεύτηκε το 1989. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε για στρατιωτικούς λόγους και στη συνέχεια επεκτάθηκε η εφαρμογή της και στη βιομηχανία. Η προδιαγραφή υιοθετήθηκε από την αμερικανική εταιρεία ποιοτικού ελέγχου με την ονομασία ANSI/ASQC Z1.4 καθώς και από τον διεθνή οργανισμό τυποποίησης με την ονομασία ISO 2859.

Η προδιαγραφή εφαρμόζεται στην απλή δειγματοληψία, στη διπλή αλλά και στην πολλαπλή δειγματοληψία. Σε κάθε τύπο δειγματοληψίας υπάρχουν 3 γενικά επίπεδα ελέγχου τα οποία είναι ο κανονικός, ο αυστηρός και ο ελαστικός. Ο κανονικός έλεγχος χρησιμοποιείται στα αρχικά στάδια του ελέγχου όταν δηλαδή δεν είναι γνωστό κάποιο ιστορικό για τον κατασκευαστή. Ο αυστηρός έλεγχος χρησιμοποιείται όταν το ιστορικό του κατασκευαστή δεν είναι καλό και αντίστοιχα ο ελαστικός έλεγχος όταν το ιστορικό του είναι καλό. Στον ελαστικό έλεγχο μειώνεται και το δείγμα του ελέγχου σε σχέση με τον κανονικό έλεγχο ενώ στον αυστηρό έλεγχο οι συνθήκες είναι πιο απαιτητικές σε σχέση με τον κανονικό έλεγχο. Στην περίπτωση που έχουμε μικρό μέγεθος δείγματος ή μεγαλύτερα όρια ανοχής στους κινδύνους της δειγματοληψίας τότε υπάρχουν και 4 πρόσθετα επίπεδα ελέγχου. Τα γενικά επίπεδα είναι τα I, II, III ενώ τα πρόσθετα τα S-1, S-2, S-3, S-4.

Η μεταβολή της πιθανότητας αποδοχής με μεταβολή της αυστηρότητας του δειγματοληπτικού ελέγχου φαίνεται στο ακόλουθο διάγραμμα.

Διάγραμμα 14

Απεικόνιση της μεταβολής της πιθανότητας αποδοχής με μεταβολή της αυστηρότητας του δειγματοληπτικού ελέγχου [1]



Οι ασυμφωνίες χωρίζονται στις εξής τρεις κατηγορίες:

- Κρίσιμες: Όταν μπορεί να οδηγήσουν σε ανασφαλείς καταστάσεις
- Κύριες: Όταν μπορεί να οδηγήσουν σε αχρηστία ή να μειώσουν τη δυνατότητα χρήσης του προϊόντος
- Ελάσσονες: Όταν δεν επιδρούν στην ευχρηστία του προϊόντος

Η αποδεκτή στάθμη ποιότητας (AQL) είναι το σημαντικότερο μέρος της προδιαγραφής. Το μέγιστο ποσοστό ασυμφωνίας ή ο μέγιστος αριθμός ασυμφωνιών σε 100 ελεγχόμενες μονάδες ορίζεται ως AQL. Το AQL κυμαίνεται μεταξύ 0.1% και 10% , όταν έχουμε ποσοστό μη συμφωνούντων προϊόντων και μεταξύ 0.010 ασυμφωνίες ανά 100 μονάδες μέχρι 1000 ασυμφωνίες ανά 100 μονάδες όταν έχουμε ασυμφωνίες ανά μονάδα προϊόντος.

Η τιμή του AQL καθορίζεται από τη σύμβαση που έχει γίνει μεταξύ του κατασκευαστή και του παραγωγού και ανάλογα με την κατηγορία ασυμφωνίας μπορεί να είναι διαφορετική τιμή, συνήθως 2,5% για ελάσσονες, 1% για κύριες ενώ δε γίνονται αποδεκτές για κρίσιμες ασυμφωνίες. Ένα σύνολο παραγόντων καθορίζει την τιμή του AQL όπως η προϊστορία του

προϊόντος, κάποιες εμπειρικές εκτιμήσεις, οι απαιτήσεις του παραλήπτη, το ιστορικό του κατασκευαστή.

2.6.1.Διαδικασία εφαρμογής της προδιαγραφής MIL STD 105E

Τα βήματα που ακολουθούμε για την εφαρμογή της προδιαγραφής MIL-STD-105E είναι τα ακόλουθα:

1. Προσδιορισμός του AQL
2. Προσδιορισμός του επιπέδου του ελέγχου
3. Καθορισμός του μεγέθους της παρτίδας
4. Εύρεση του κωδικού γράμματος μεγέθους δείγματος σύμφωνα με τον πίνακα 3
5. Προσδιορισμός του κατάλληλου τύπου δειγματοληψίας (απλή, διπλή, πολλαπλή)
6. Χρήση του κατάλληλου πίνακα για την εύρεση του πλάνου δειγματοληψίας

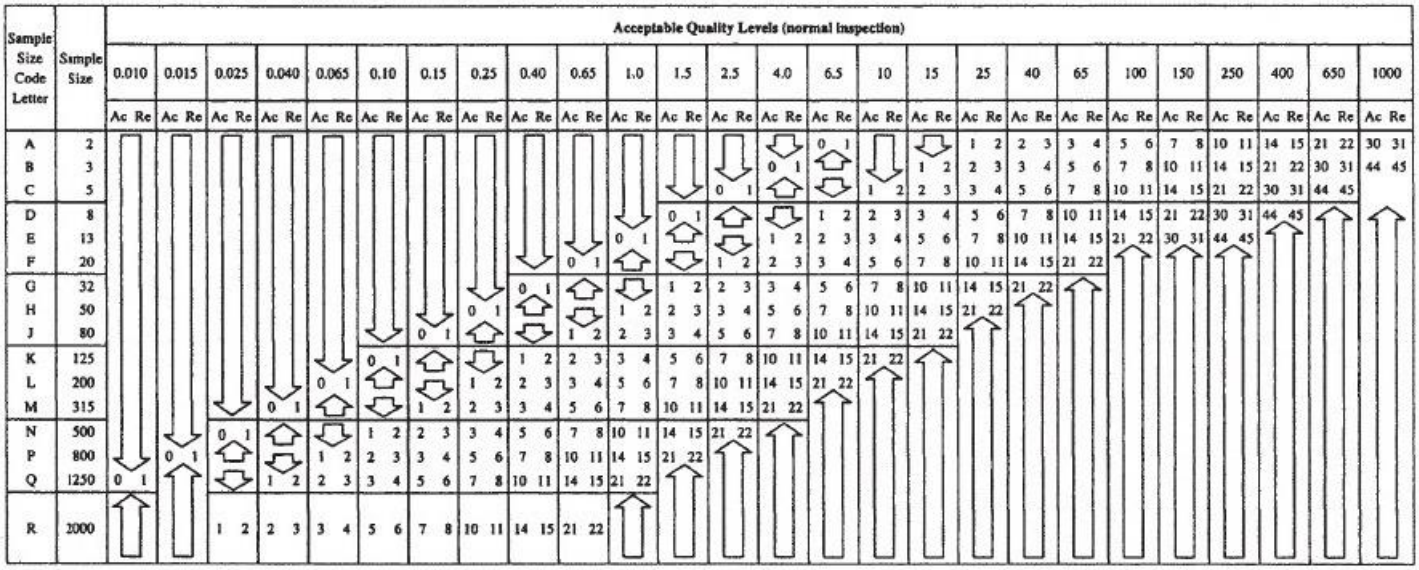
Πίνακας 3

Κωδικά γράμματα ανάλογα με το μέγεθος της παρτίδας [3, Table 1-Sample size code letters, page 13]

	Ειδικό Επίπεδο Ελέγχου				Γενικό Επίπεδο Ελέγχου		
Μέγεθος παρτίδας	**S-1**	**S-2**	**S-3**	**S-4**	**I**	**II**	**III**
2-8	A	A	A	A	A	A	B
9-15	A	A	A	A	A	B	C
16-25	A	A	B	B	B	C	D
26-50	A	B	B	C	C	D	E
51-90	B	B	C	C	C	E	F
91-150	B	B	C	D	D	F	G
151-280	B	C	D	E	E	G	H
281-500	B	C	D	E	F	H	J
501-1200	C	C	E	F	G	J	K
1201-3200	C	D	E	G	H	K	L
3201-10000	C	D	F	G	J	L	M
10001-35000	C	D	F	H	K	M	N
35001-150000	D	E	G	J	L	N	P
150001-500000	D	E	G	J	M	P	Q
500001 και πάνω	D	E	H	K	N	Q	R

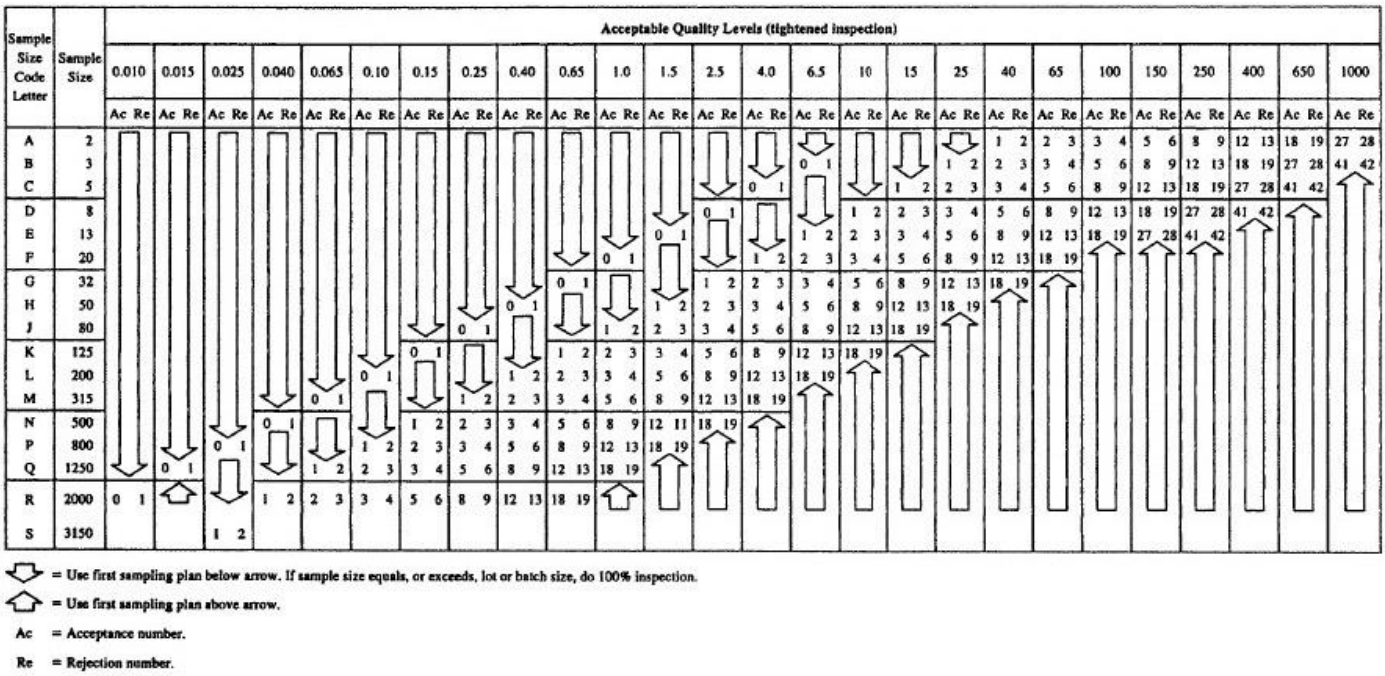
Πίνακας 4

Πίνακας για κανονικό έλεγχο απλής δειγματοληψίας [3, Table II-A-Single Sampling plans for normal inspection, page 14]



Πίνακας 5

Πίνακας για αυστηρό έλεγχο απλής δειγματοληψίας [3, Table II-B-Single Sampling plans for tightened inspection, page 15]



Πίνακας 6

Πίνακας για ελαστικό έλεγχο απλής δειγματοληψίας [3, Table II-C-Single Sampling plans for reduced inspection, page 16]

Sample Size Code Letter	Sample Size	Acceptable Quality Levels (reduced inspection)†																																					
		0.010		0.015		0.025		0.040		0.065		0.10		0.15		0.25		0.40		0.65		1.0		1.5		2.5		4.0		6.5		10		15		25		40		65		100		150		250		400		650		1000	
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
A	2	⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		0	1	⇩		1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22	30	31
B	2	⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		0	1	⇩		0	2	1	3	2	4	3	5	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22	30	31
C	2	⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		0	1	⇩		⇩		0	2	1	3	1	4	2	5	3	6	5	8	7	10	10	13	14	17	21	24		
D	3	⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		0	1	⇩		⇩		⇩		0	2	1	3	1	4	2	5	3	6	5	8	7	10	10	13	14	17	21	24		
E	5	⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		0	1	⇩		⇩		0	2	1	3	1	4	2	5	3	6	5	8	7	10	10	13	14	17	21	24			
F	8	⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		0	1	⇩		⇩		⇩		1	3	1	4	2	5	3	6	5	8	7	10	10	13	14	17	21	24					
G	13	⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		0	1	⇩		⇩		0	2	1	3	1	4	2	5	3	6	5	8	7	10	10	13	14	17	21	24							
H	20	⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		0	1	⇩		⇩		0	2	1	3	1	4	2	5	3	6	5	8	7	10	10	13	14	17	21	24									
J	32	⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		0	1	⇩		⇩		0	2	⇩		1	3	1	4	2	5	3	6	5	8	7	10	10	13	14	17	21	24									
K	50	⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		0	1	⇩		⇩		0	2	1	3	1	4	2	5	3	6	5	8	7	10	10	13	⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩	
L	80	⇩		⇩		⇩		⇩		0	1	⇩		0	2	⇩		1	3	1	4	2	5	3	6	5	8	7	10	10	13	⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩	
M	125	⇩		⇩		⇩		0	1	⇩		0	2	⇩		1	3	1	4	2	5	3	6	5	8	7	10	10	13	⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩	
N	200	⇩		⇩		0	1	⇩		⇩		0	2	1	3	1	4	2	5	3	6	5	8	7	10	10	13	⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩	
P	315	⇩		0	1	⇩		⇩		0	2	1	3	1	4	2	5	3	6	5	8	7	10	10	13	⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩	
Q	500	⇩		⇩		0	2	⇩		1	3	1	4	2	5	3	6	5	8	7	10	10	13	⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩		⇩	
R	800	⇧		⇧		0	2	1	3	1	4	2	5	3	6	5	8	7	10	10	13	⇧		⇧		⇧		⇧		⇧		⇧		⇧		⇧		⇧		⇧		⇧		⇧		⇧		⇧		⇧	

⇩ = Use first sampling plan below arrow. If sample size equals, or exceeds, lot or batch size, do 100% inspection.

⇧ = Use first sampling plan above arrow.

Ac = Acceptance number.

Re = Rejection number.

† = If the acceptance number has been exceeded, but the rejection number has not been reached , accept the lot, but reinstate normal inspection.

Σύμφωνα με την MIL-STD-105E για δεδομένο AQL, επίπεδο ελέγχου και μέγεθος παρτίδας έχουμε ένα κανονικό πλάνο δειγματοληψίας το οποίο παραμένει το ίδιο όσο η ποιότητα του κατασκευαστή δεν μεταβάλλεται. Όμως, παρακάτω παρουσιάζουμε, σύμφωνα με την MIL-STD-105E [3, page 6] , με ποιον τρόπο μεταβαίνουμε μεταξύ των επιπέδων κανονικού, αυστηρού και ελαστικού ελέγχου ανάλογα με τις αλλαγές που παρατηρούμε στην ποιότητα του κατασκευαστή. Αρχικά ξεκινάμε με κανονικό έλεγχο.

1. Εάν απορριφθούν 2 από τις επόμενες 5 παρτίδες και είμαστε σε κανονικό έλεγχο τότε περνάμε σε αυστηρό έλεγχο.

2. Ο αυστηρός έλεγχος συνεχίζεται για τις επόμενες 5 παρτίδες και στην περίπτωση που καμία δεν απορριφθεί επανερχόμαστε στον κανονικό έλεγχο.

3. Από τον κανονικό έλεγχο περνάμε στον ελαστικό στην περίπτωση που ισχύουν ταυτόχρονα όλα τα επόμενα:

a. Ευρισκόμενοι σε κανονικό έλεγχο καμία από τις προηγούμενες 10 παρτίδες δεν απορρίφθηκε κατά την αρχική εξέταση

b. Ο ολικός αριθμός ασυμφωνιών στα δείγματα από τις 10 προηγούμενες παρτίδες είναι μικρότερος ή ίσος με τον οριακό αριθμό για τον ελαστικό έλεγχο

c. Η παραγωγή είναι σταθερή χωρίς οποιαδήποτε βλάβη σε μηχανήματα ή στα υλικά ή οποιαδήποτε προβλήματα

d. Η αρμόδια υπεύθυνη αρχή για τη δειγματοληψία εγκρίνει την μετάβαση στον ελαστικό έλεγχο.

4. Επανερχόμαστε στον κανονικό έλεγχο από τον ελαστικό όταν συμβεί ένα από τα ακόλουθα:

i. Μία παρτίδα απορριφθεί

ii. Όταν οι ασυμφωνίες δεν οδηγούν σε απόρριψη ή αποδοχή

iii. Η παραγωγή είναι ασταθής ή καθυστερεί

iv. Όταν έχουμε συνθήκες που μας εγγυώνται ή μας επιβάλλον να επιστρέψουμε σε κανονικό έλεγχο, όπως για παράδειγμα να το ζητήσει ο παραλήπτης

5. Στην περίπτωση που 10 συνεχόμενες παρτίδες παραμένουν στον αυστηρό έλεγχο τότε ο έλεγχος κάτω από την MIL-STD-105E πρέπει να διακοπεί και ο κατασκευαστής οφείλει να πάρει μέτρα ώστε να βελτιώσει την ποιότητα.

Παράδειγμα

Έστω ότι έχουμε μία παρτίδα αντικειμένων μεγέθους N=8000 την οποία θέλουμε να ελέγξουμε με απλή δειγματοληψία, και γνωρίζουμε ότι η αποδεκτή στάθμη ποιότητας είναι AQL=0.65%. Από τον πίνακα 3, βρίσκουμε ότι έχουμε γενικό επίπεδο ελέγχου II, από τον οποίο παίρνουμε ότι ο κωδικός αριθμός του δείγματος είναι L. Επομένως, τα πλάνα απλής δειγματοληψίας για κανονικό, ελαστικό και αυστηρό έλεγχο σύμφωνα με τους πίνακες 4-6 είναι:

1. Κανονικός έλεγχος : n=200 , c=3 , r=4 .
2. Αυστηρός έλεγχος : n=200 , c=2 , r=3 .
3. Ελαστικός έλεγχος : n=80 , c=1 , r=4 .

2.6.2.Συμπεράσματα-Συζήτηση

Για την προδιαγραφή MIL-STD-105E εξάγουμε τα ακόλουθα συμπεράσματα:

1. «Οριοθετείται» από την αποδεκτή στάθμη ποιότητας (AQL). Επικεντρώνεται στο ρίσκο του παραγωγού στην «ουρά» της χαρακτηρίζουσας καμπύλης και μόνο το επίπεδο του ελέγχου καθορίζει την ισχύ διάκρισης του πλάνου δειγματοληψίας.
2. Δεν είναι πιθανά όλα τα μεγέθη δείγματος καθώς τα μεγέθη δείγματος είναι 2,3,5,8,13,20,32,50,80,125,200,315,500,800,1250 και 2000. Επιπλέον μεταξύ του 125 και του 200 και μεταξύ του 200 και του 315 υπάρχουν κάποια κενά πιθανώς σημαντικά.
3. Το μέγεθος των παρτίδων είναι συσχετισμένο με τα μεγέθη των δειγμάτων. Εάν για παράδειγμα για γενικό επίπεδο κανονικού ελέγχου ΙΙ το μέσο μέγεθος παρτίδας Ν είναι 850 μονάδες τότε το n είναι 80 και ελέγχεται περίπου το 10% των προϊόντων ενώ για N=92500 μονάδες το n είναι 500 και ελέγχεται το 0.54%. Αυτό έχει ως συνέπεια να μειώνεται με αυτό τον τρόπο το κόστος ελέγχου.
4. Η πιθανότητα αποδοχής, για δεδομένο AQL, καθώς αυξάνεται το n αυξάνεται από 0.91 σε 0.99 και αυτό σημαίνει ότι περιορίζεται η πιθανότητα λανθασμένης απόρριψης μίας μεγάλης παρτίδας.

Κάποιοι μηχανικοί διαφωνούν, ασκώντας κριτική, για τους κανόνες αλλαγής μεταξύ των τριών επιπέδων ελέγχου δηλαδή μεταξύ ελαστικού, κανονικού και αυστηρού ελέγχου. Υποστηρίζουν πως όταν μία διαδικασία ουσιαστικά παράγει παρτίδες ποιότητας AQL οι αλλαγές μεταξύ των επιπέδων ελέγχου «χάνεται ένα κομμάτι της μαγείας» της διαδικασίας καθώς επίσης και ότι είναι πιθανό διαδικασίες που δεν μας δίνουν καλής ποιότητας προϊόντα να μη διακόπτονται ποτέ.

Ένα κοινό λάθος που συμβαίνει με την προδιαγραφή MIL-STD-105E είναι η λάθος διαχείριση των κανόνων αλλαγής μεταξύ των επιπέδων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του ρίσκου του καταναλωτή καθώς έχουμε μη αποτελεσματικό και ίσως και παραπλανητικό έλεγχο. Προτείνεται να χρησιμοποιούνται οι κανόνες αλλαγές από τον κανονικό στον αυστηρό έλεγχο

και από τον κανονικό στον ελαστικό έλεγχο και να μη χρησιμοποιείται η προδιαγραφή χωρίς την χρήση αυτών.

2.6.3.Προδιαγραφή ANSI/ASQC Z1.4 (ISO 2859)

Η αντίστοιχη σε πολιτικό επίπεδο της στρατιωτικής προδιαγραφής MIL-STD-105E είναι η ANSI/ASQC Z1.4 ή αλλιώς ISO 2859. Οι διαφορές της σε σχέση με την MIL-STD-105E είναι οι ακόλουθες: [1]

1. Χρησιμοποιούνται οι όροι «ασυμφωνία», «μη αποδοχή» και «ποσοστό μη συμφωνούντων» αντί των «ελάττωμα», «απόρριψη» και «ελαττωματικά» αντίστοιχα.
2. Η χρήση περιοριστικών οριακών αριθμών στους κανόνες μετάπτωσης σε ελαστικό ή αυστηρό έλεγχο έγινε προαιρετική.
3. Προστέθηκαν πίνακες ορίου μέσης στάθμης εξερχόμενης ποιότητας AOQL, οριακής στάθμης ποιότητας LQL για Pα=0.10 και Pα=0.05, μέσου μεγέθους δείγματος ASN και χαρακτηριζουσών καμπυλών.
4. Προστέθηκε μία ενότητα στην οποία περιγράφεται η σωστή χρήση μεμονωμένων πλάνων δειγματοληψίας.
5. Προστέθηκε ένα γράφημα που απεικονίζει τους κανόνες μετάπτωσης.

2.7.Σχέδια δειγματοληψίας DODGE-ROMIG

Μεταγενέστερα της προδιαγραφής MIL-STD-105A εισήχθησαν από τους H.F.Dodge και H.G.Romig [4] τα ομώνυμα σχέδια δειγματοληψίας Dodge-Romig. Προϋπόθεση για την χρήση τους είναι να έχουμε 100% έλεγχο στις απορριπτόμενες παρτίδες. Ο λόγος που τα Dodge-Romig άρχισαν να χρησιμοποιούνται είναι διότι έπρεπε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα του να έχουμε μικρές τιμές στο AQL και παρόλο αυτά μεγάλος αριθμός μη συμφωνούντων προϊόντων να γίνεται αποδεκτός. Ενδεικτικό παράδειγμα είναι η περίπτωση να έχουμε AQL=1% και N=1000000, σε αυτή την περίπτωση τα μη συμφωνούντα είναι 10000. Το πρόβλημα γίνεται πιο σοβαρό στην περίπτωση που έχουμε κάποιο προϊόν που αποτελείται από αρκετά κομμάτια.

Εάν υποθέσουμε πως ένα αντικείμενο αποτελείται από 1000 κομμάτια και το κάθε κομμάτι έχει AQL=1% τότε η πιθανότητα το αντικείμενό μας να είναι λειτουργικό είναι πολύ μικρή, P_{α}=(0.9999)^1000=0.3677 .

Οι πίνακες που δημιουργήθηκαν για τα σχέδια δειγματοληψίας Dodge-Romig αφορούν την απλή και τη διπλή δειγματοληψία. Επιπλέον, στηρίζονται στο όριο μέσης στάθμης εξερχόμενης ποιότητας (AOQL=Average Outgoing Quality Limit) που έχει σαν βάση τη μέση εξερχόμενη ποιότητα (AOQ) και στην απορριπτέα στάθμη ποιότητας (LTPD=Lot Tolerance Percent Defective) που έχει ως βάση την οριακή στάθμη ποιότητας (LQL). Το μέγιστο σημείο στην καμπύλη της μέσης εξερχόμενης ποιότητας (AOQ), που είδαμε στον επανορθωτικό έλεγχο, και του κλάσματος μη συμφωνούντων είναι η τιμή του AOQL. Η τιμή του LTPD είναι η τιμή του κλάσματος μη συμφωνούντων όταν P_{α}=10%. Τα LTPD πλάνα έχουν δημιουργηθεί ώστε ο μέσος συνολικός αριθμός ελεγχόμενων προϊόντων ανά παρτίδα (ATI) να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος. Αυτό επιτρέπει να έχουμε εντός του εργοστασίου (εντός της παραγωγικής διαδικασίας) δυνατότητα ελέγχου σε ημιτελή προϊόντα. Τέλος, τα AOQL πλάνα έχουν λόγο ύπαρξης μόνο εφόσον έχουμε επανορθωτικό έλεγχο.

Επιπλέον, για να χρησιμοποιήσουμε τους πίνακες των Dodge-Romig χρειάζεται να ξέρουμε την μέση ποιότητα των προϊόντων του κατασκευαστή, κάτι το οποίο δεν γνωρίζουμε όταν έχουμε κάποιον νέο κατασκευαστή. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούμε ιστορικά δεδομένα που μας δίνει ο κατασκευαστής. Για να εκτιμήσουμε την μέση ποιότητα του κατασκευαστή ή αλλιώς το ποσοστό των μη συμφωνούντων, χρησιμοποιούμε ένα διάγραμμα ελέγχου κλάσματος μη συμφωνούντων προϊόντων το οποίο βασίζεται στη λήψη μετρήσεων των πρώτων 25 παρτίδων. Στην περίπτωση που έχουμε διπλή δειγματοληψία χρησιμοποιούμε μόνο τα αποτελέσματα από το πρώτο δείγμα. Ως μέση ποιότητα μπορεί να θεωρείται αυτή με το μεγαλύτερο ποσοστό μη συμφωνούντων μέχρι τη λήψη των μετρήσεων των 25 παρτίδων. Στην περίπτωση που το κλάμα μη συμφωνούντων κάποιας παρτίδας ξεπερνά το πάνω όριο ελέγχου, πετάμε εκτός την παρτίδα και ξεκινάμε εκ νέου μία νέα διαδικασία για τον υπολογισμό της μέσης ποιότητας.

2.7.1.Σχέδια AOQL

Οι πίνακες Dodge-Romig μας δίνουν σχέδια AOQL για τις εξής τιμές του AOQL : 0.1%, 0.25%, 0.5%, 0.75%, 1%, 1.5%, 2%, 2.5%, 3%, 4%, 5%, 7%, 10%. Οι πίνακες χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο ενδιάμεσων ή τελικών προϊόντων , ακόμα και κατά τη διάρκεια της παραγωγής χωρίς να έχει ολοκληρωθεί η παραγωγή.

Έστω ότι έχουμε την πλακέτα ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή και θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε τους Dodge-Romig AOQL πίνακες ώστε να ελέγξουμε τη λειτουργικότητα των πλακετών τα οποία παραλαμβάνουμε σε παρτίδας μεγέθους N=4500. Γνωρίζουμε ότι η μέση ποιότητα παραγωγής είναι 0.8%. Επιθυμούμε να έχουμε ένα πλάνο απλής δειγματοληψίας με AOQL=3%. Με τη χρήση του πίνακα 4 παίρνουμε ότι το πλάνο δειγματοληψίας θα είναι n=65 και c=3.

Πίνακας 7

Dodge-Romig Πίνακας Ελέγχου-Πλάνα απλής δειγματοληψίας για AOQL=3.0% [4]

	Μέση τιμή Διαδικασίας																	
Μέγεθος Παρτίδας	**0-0.06%**			**0.07-0.60%**			**0.61-1.20%**			**1.21-1.80%**			**1.81-2.40%**			**2.41-3.00%**		
	n	c	LTPD %	n	c	LTPD %	n	c	LTPD %	n	c	LTPD %	n	c	LTPD %	n	c	LTPD %
1-10	Όλα	0	-	Όλα	0	-	Όλα	0	-	Όλα	0	-	Όλα	0	-	Όλα	0	-
11-50	10	0	19.0	10	0	19.0	10	0	19.0	10	0	19.0	10	0	19.0	10	0	19.0
51-100	11	0	18.0	11	0	18.0	11	0	18.0	11	0	18.0	11	0	18.0	22	1	16.4
101-200	12	0	17.0	12	0	17.0	12	0	17.0	25	1	15.1	25	1	15.1	25	1	15.1
201-	12	0	17.0	12	0	17.0	26	1	14.6	26	1	14.6	26	1	14.6	40	2	12.8

300																		
301-400	12	0	17.1	12	0	17.1	26	1	14.7	26	1	14.7	41	2	12.7	41	2	12.7
401-500	12	0	17.2	27	1	14.1	27	1	14.1	42	2	12.4	42	2	12.4	42	2	12.4
501-600	12	0	17.3	27	1	14.2	27	1	14.2	42	2	12.4	42	2	12.4	60	3	10.8
601-800	12	0	17.3	27	1	14.2	27	1	14.2	43	2	12.1	60	3	10.9	60	3	10.9
801-1000	12	0	17.4	27	1	14.2	44	2	11.8	44	2	11.8	60	3	11.0	80	4	9.8
1001-2000	12	0	17.5	28	1	13.8	45	2	11.7	65	3	10.2	80	4	9.8	100	5	9.1
2001-3000	12	0	17.5	28	1	13.8	45	2	11.7	65	3	10.2	100	5	9.1	140	7	8.2
3001-4000	12	0	17.5	28	1	13.8	65	3	10.3	85	4	9.5	125	6	8.4	165	8	7.8
4001-5000	28	1	13.8	28	1	13.8	65	3	10.3	85	4	9.5	125	6	8.4	210	10	7.4
5001-7000	28	1	13.8	45	2	11.8	65	3	10.3	105	5	8.8	145	7	8.1	235	11	7.1
7001-10000	28	1	13.9	46	2	11.6	65	3	10.3	105	5	8.8	170	8	7.6	280	13	6.8
10001-20000	28	1	13.9	46	2	11.7	85	4	9.5	125	6	8.4	215	10	7.2	380	17	6.2
20001-50000	28	1	13.9	65	3	10.3	105	5	8.8	170	8	7.6	310	14	6.5	560	24	5.7
50001-100000	28	1	13.9	65	3	10.3	125	6	8.4	215	10	7.2	385	17	6.2	690	29	5.4

Το σημείο της χαρακτηρίζουσας καμπύλης για πιθανότητα αποδοχής 10%, δηλαδή το LTPD, είναι 10.3%. Επομένως, στις 4500 πλακέτες θα ελεγχθούν οι 65 και για P_{α}=10% οι ασυμφωνίες θα είναι 10.3%. Συνεπώς, οι παρτίδες με ασυμφωνίες 10.3% ή περισσότερες θα απορρίπτονται με ασφάλεια 90%. Με την παραδοχή ότι η εισερχόμενη ποιότητα είναι ίση με την ποιότητα παραγωγής, 0.8%, βρίσκουμε ότι P_{α}=0.9937 και επομένως ο μέσος συνολικός αριθμός ελεγχόμενων δειγμάτων είναι ATI= 65+(1-0.9937)*(4500-65)= 92.94. Αυτό σημαίνει ότι σε 100% έλεγχο σε κάθε απορριπτόμενη παρτίδα θα ελέγχουμε περίπου 93 προϊόντα.

2.7.2.Σχέδια LTPD

Οι πίνακες Dodge-Romig LTPD πλάνων βασίζονται στο να γίνει αποδεκτή μία παρτίδα με ποσοστό ασυμφωνιών ίσο προς το κατώτερο επίπεδο ελέγχου LQL. Έχουν, λοιπόν, σχεδιαστεί ώστε η πιθανότητα αποδοχής στο LTPD να είναι ίση με 10%. Με αυτό τον τρόπο προσπαθούμε να εξασφαλίσουμε ότι παρτίδες με κακή ποιότητα θα γίνουν σπάνια αποδεκτές. Οι τιμές LTPD για τις οποίες έχουμε πίνακες είναι οι εξής: 0.5%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 7%, 10%.

Έστω ότι θέλουμε να ελέγξουμε τα Blu-ray που παραλαμβάνει μία εταιρεία με μέγεθος παρτίδας N=15000. Η μέση ποιότητα του κατασκευαστή είναι 0.20% και θέλουμε να πάρουμε ένα πλάνο δειγματοληψίας με LTPD=1%. Με τη χρήση του πίνακα 5 βλέπουμε ότι έχουμε n=785, c=4 και AOQL=0.31%. Αυτό σημαίνει πως εάν υποθέσουμε ότι οι απορριπτόμενες παρτίδες ελέγχονται 100% και τα ελαττωματικά αντικαθίστανται τότε η μέση εξερχόμενη ποιότητα του σχεδίου αυτού είναι 31%. Εξετάζουμε 785 μονάδες με αριθμό αποδοχής 4.

Πίνακας 8

Dodge-Romig Πίνακας Ελέγχου-Πλάνα απλής δειγματοληψίας για LTPD=1% [4]

	Μέση τιμή Διαδικασίας																	
Μέγεθος Παρτίδας	**0-0.010%**			**0.011-0.10%**			**0.11-0.20%**			**0.21-0.30%**			**0.31-0.40%**			**0.41-0.50%**		
	n	c	AOQL %	n	c	AOQL %	n	c	AOQL %	n	c	AOQL %	n	c	AOQL %	n	c	AOQL %
1-120	Όλα	0	0	Όλα	0	0	Όλα	0	0	Όλα	0	0	Όλα	0	0	Όλα	0	0
121-150	120	0	0.06	120	0	0.06	120	0	0.06	120	0	0.06	120	0	0.06	120	0	0.06
151-200	140	0	0.08	140	0	0.08	140	0	0.08	140	0	0.08	140	0	0.08	140	0	0.08
201-300	165	0	0.10	165	0	0.10	165	0	0.10	165	0	0.10	165	0	0.10	165	0	0.10
301-400	175	0	0.12	175	0	0.12	175	0	0.12	175	0	0.12	175	0	0.12	175	0	0.12
401-500	180	0	0.13	180	0	0.13	180	0	0.13	180	0	0.13	180	0	0.13	180	0	0.13
501-600	190	0	0.13	190	0	0.13	190	0	0.13	190	0	0.13	190	0	0.13	305	1	0.14
601-800	200	0	0.14	200	0	0.14	200	0	0.14	330	1	0.15	330	1	0.15	330	1	0.15
801-1000	205	0	0.14	205	0	0.14	205	0	0.14	335	1	0.17	335	1	0.17	335	1	0.17
1001-2000	220	0	0.15	220	0	0.15	360	1	0.19	490	2	0.21	490	2	0.21	610	3	0.22
2001-	22	0	0.15	37	1	0.20	505	2	0.23	630	3	0.24	745	4	0.26	870	5	0.26

3000	0			5														
3001-4000	225	0	0.15	380	1	0.20	510	2	0.24	645	3	0.25	880	5	0.28	1000	6	0.29
4001-5000	225	0	0.16	380	1	0.20	520	2	0.24	770	4	0.28	895	5	0.29	1120	7	0.31
5001-7000	230	0	0.16	385	1	0.21	655	3	0.27	780	4	0.29	1020	6	0.32	1260	8	0.34
7001-10000	230	0	0.16	520	2	0.25	660	3	0.28	910	5	0.32	1150	7	0.34	1500	10	0.37
10001-20000	390	1	0.21	525	2	0.26	785	4	0.31	1040	6	0.35	1400	9	0.39	1980	14	0.43
20001-50000	390	1	0.21	530	2	0.26	920	5	0.34	1300	8	0.39	1890	13	0.44	2570	19	0.48
50001-100000	390	1	0.21	670	3	0.29	1040	6	0.36	1420	9	0.41	2120	15	0.47	3150	23	0.50

Από την παρατήρηση των πινάκων LTPD συμπεραίνουμε πως όσο αυξάνεται το μέγεθος των παρτίδων τόσο μειώνεται το μέγεθος δείγματος.

3.Δειγματοληψία Αποδοχής Μεταβλητών

3.1.Εισαγωγή-Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα

Η δειγματοληψία αποδοχής μεταβλητών εφαρμόζεται όταν το ελεγχόμενο ποιοτικό χαρακτηριστικό είναι μία μεταβλητή ή μπορεί να αποδοθεί σε μεταβλητή κλίμακα. Μετά τη συλλογή των δεδομένων του ποιοτικού χαρακτηριστικού καθορίζονται το μέγεθος του δείγματος και το κριτήριο αποδοχής.

Το κυριότερο πλεονέκτημα της δειγματοληψίας αποδοχής μεταβλητών είναι πως η ίδια χαρακτηρίζουσα καμπύλη μπορεί να προκύψει με μικρότερο μέγεθος δείγματος σε σχέση με την δειγματοληψία αποδοχής ιδιοτήτων. Το κόστος των δεδομένων για την δειγματοληψία αποδοχής μεταβλητών είναι περισσότερο όμως η μείωση του μεγέθους του δείγματος κάνει αυτή τη δειγματοληψία πιο συμφέρουσα. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα είναι πως παίρνουμε από τα δεδομένα μας περισσότερη πληροφορία για την παραγωγική διαδικασία καθώς καταγράφει αριθμητικές μετρήσεις για το ποιοτικό χαρακτηριστικό που μας ενδιαφέρει και δεν μας πληροφορεί μόνο εάν είναι προϊόν με ή χωρίς συμφωνίες. Τέλος , όταν ο αριθμός αποδοχής αυξάνει στη δειγματοληψία αποδοχής ιδιοτήτων τότε το μέγεθος του δείγματος αυξάνει και αυτό, κάτι το οποίο δε συμβαίνει στη δειγματοληψία αποδοχής μεταβλητών η οποία ολοένα τείνει να χρησιμοποιείται περισσότερο.

Από την άλλη μεριά, το βασικότερο μειονέκτημα αυτής της δειγματοληψίας είναι πως πρέπει να γνωρίζουμε ποια κατανομή ακολουθεί η μεταβλητή κάτι το οποίο συχνά είναι δύσκολο να το γνωρίζουμε. Όταν επιπλέον η κατανομή δεν είναι κανονική κι εμείς τη χρησιμοποιούμε τότε αυξάνεται ο κίνδυνος σφαλμάτων. Επομένως, πρέπει να εξετάζουμε με πολλή προσοχή την αποδοχή της κανονικότητας ειδικά όταν έχουμε μικρές τιμές p και το μέγεθος της παρτίδας είναι σχετικά μικρό. [16] Ένα ακόμη μειονέκτημα είναι πως για κάθε ένα ποιοτικό χαρακτηριστικό ενός προϊόντος χρειαζόμαστε να χρησιμοποιήσουμε ένα ξεχωριστό σχέδιο δειγματοληψίας για κάθε ποιοτικό του χαρακτηριστικό. Τέλος, κινδυνεύουμε να απορρίψουμε παρτίδες οι οποίες μπορεί να μην περιέχουν ούτε ένα προϊόν με ασυμφωνίες.

3.2.Προσδιορισμός πλάνων δειγματοληψίας

Υπάρχουν δύο είδη δειγματοληψίας αποδοχής μεταβλητών, το πρώτο είναι όταν κάνουμε έλεγχο στην παρτίδα ή στη διαδικασία με χρήση του ποσοστού μη συμφωνούντων και το δεύτερο όταν κάνουμε έλεγχο με τη χρήση μίας παραμέτρου που συνήθως είναι η μέση τιμή.

Στη δειγματοληψία αποδοχής μεταβλητών υποθέτουμε πως η ελεγχόμενη μεταβλητή ακολουθεί την κανονική κατανομή. Έτσι, το p (κλάσμα μη συμφωνούντων) είναι συνάρτηση του μέσου όρου της παρτίδας μ και της τυπικής απόκλισης σ και εκτιμάται με τη βοήθεια του στατιστικού Z και του πίνακα αθροιστικής κατανομής της τυποποιημένης κανονικής κατανομής N(0,1). Η τιμή του Z αν γνωρίζουμε το κάτω όριο προδιαγραφής δίνεται από τον τύπο:

$$Z_{LSL} = \frac{\bar{x} - LSL}{\sigma}$$

ενώ αν γνωρίζουμε το άνω όριο προδιαγραφής από τον τύπο :

$$Z_{USL} = \frac{USL - \bar{x}}{\sigma}$$

όπου $\bar{x}$ η μέση τιμή του δείγματος , LSL το κάτω όριο προδιαγραφής και USL το άνω όριο προδιαγραφής. Το Z_{LSL} εκφράζει την απόσταση της μέσης τιμής από το κάτω όριο σε μονάδες σ , ενώ το Z_{USL} εκφράζει την απόσταση της μέσης τιμής από το άνω όριο σε μονάδες σ. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του Z_{LSL} τόσο περισσότερο απέχει η μέση τιμή του δείγματος από το κατώτερο όριο αποδοχής και επομένως τόσο μικρότερη είναι η εκτίμηση του $\hat{p}$. Αντίστοιχα ισχύει και για το Z_{USL} . [1]

Αφού λοιπόν υπολογίσουμε το Z_{LSL} ή το Z_{USL} χρησιμοποιούμε ένα κριτήριο αποδοχής για την αποδοχή ή την απόρριψη παρτίδων προϊόντων. Σύμφωνα με το κριτήριο αποδοχής k εάν $Z_{LSL} \geq k$ ή $Z_{USL} \leq k$ η παρτίδα γίνεται αποδεκτή. Αν $Z_{LSL} < k$ ή $Z_{USL} > k$ τότε η παρτίδα απορρίπτεται.

Όταν γνωρίζουμε και το άνω όριο προδιαγραφής και το κάτω όριο τότε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και το κριτήριο αποδοχής M. Όταν $\hat{p} \leq M$ η παρτίδα γίνεται αποδεκτή ενώ όταν $\hat{p} > M$ η παρτίδα απορρίπτεται. [17]

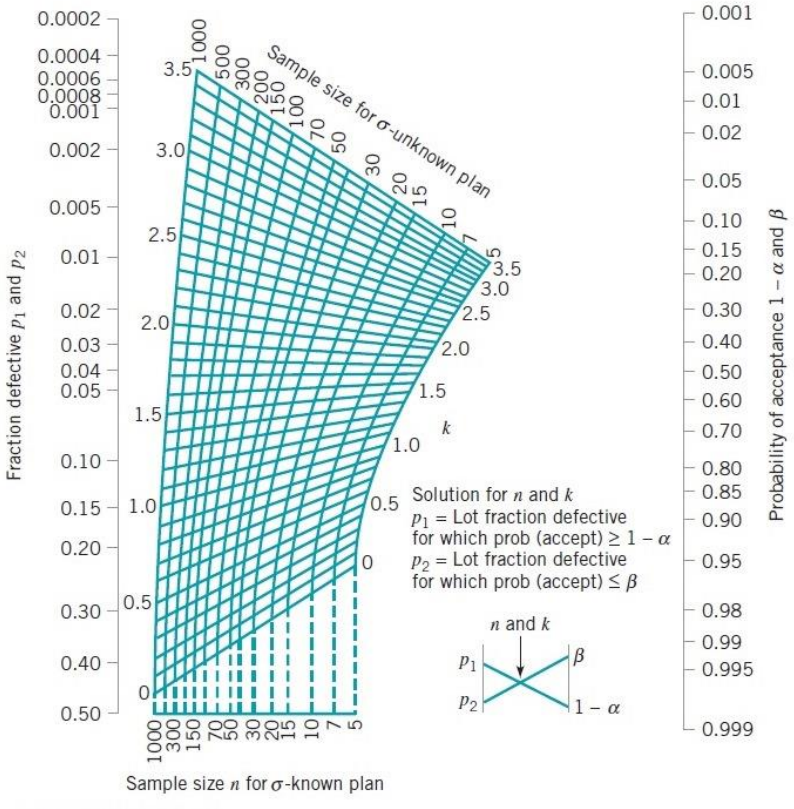
Να σημειώσουμε σε αυτό το σημείο πως όταν η τυπική απόκλιση σ της παρτίδας δεν είναι γνωστή χρησιμοποιούμε την τυπική απόκλισή δείγματος (που λαμβάνουμε) s με την εφαρμογή των ίδιων παραπάνω τύπων.

3.2.1.Προσδιορισμός πλάνου δειγματοληψίας μεταβλητών με δεδομένη χαρακτηρίζουσα καμπύλη

Χρησιμοποιώντας το κριτήριο αποδοχής k σχεδιάζουμε το πλάνο δειγματοληψίας μεταβλητών ως εξής : Έστω ότι δίνονται δύο σημεία της OC curve με τιμές (p_1,1-α) και (p_2,β). Πιθανό το p_1 να αντιστοιχεί στην αποδοχή και το p_2 στην απόρριψη της παρτίδας. Χρησιμοποιώντας το ακόλουθο νομογράφημα ενώνουμε το p_1 με το 1-α και το p_2 με το β και η διασταύρωση αυτών των τιμών μας δίνει το μέγεθος δείγματος n και το k. Το μέγεθος δείγματος για γνωστή τυπική απόκλιση όπως φαίνεται και από το σχήμα είναι πολύ πιο μικρό σε σχέση με όταν δεν γνωρίζουμε την τυπική απόκλιση της παρτίδας σ. Για να δεχθούμε ή να απορρίψουμε την παρτίδα συγκρίνουμε το k με το Z_{LSL} ή το Z_{USL} , ανάλογα με το ποιο έχουμε υπολογίσει. [1]

Διάγραμμα 15

Νομογράφημα προσδιορισμού n, k πλάνων δειγματοληψίας μεταβλητών [5, pages 23-25]



Έστω ότι έχουμε τα ζεύγη τιμών της χαρακτηρίζουσας καμπύλης (p_1=0.04, 1-α=0.92) και (p_2=0.10, β=0.05), για να βρούμε το σημείο τομής τους φέρνουμε τις ευθείες που ενώνουν τις τιμές αυτές. Μέσω του διαγράμματος 15 (νομογράφημα) εντοπίζουμε την τιμή του k ακολουθώντας την πλησιέστερη γραμμή προς τα δεξιά, και αντίστοιχα εφόσον δεν γνωρίζουμε την τυπική απόκλιση ακολουθούμε την γραμμή προς τα πάνω και βρίσκουμε το μέγεθος του δείγματος. Εδώ έχουμε ότι k=1.52 και n=90. Για μέση τιμή 12.5 , τυπική απόκλιση s=0.23 και LSL=12 υπολογίσουμε ότι:

$$Z_{LSL} = \frac{\bar{x} - LSL}{s} = 2.17$$

Επειδή $Z_{LSL} = 2.17 \geq k = 1.52$ η παρτίδα είναι αποδεκτή. [1]

Παρατηρούμε πως εάν η τυπική απόκλιση ήταν γνωστή τότε ακολουθώντας από το σημείο τομής την κάθετη γραμμή προς τα κάτω βρίσκουμε ότι n=45, δηλαδή έχουμε μεγάλη μείωση στο μέγεθος δείγματος.

Επομένως έχουμε και σημαντική μείωση στο κόστος του ελέγχου, με γνωστή τυπική απόκλιση.

Μπορούμε να βρούμε τα k και n και χωρίς τη χρήση του νομογραφήματος αλλά με υπολογιστικό τρόπο. Η διαδικασία που ακολουθούμε σε αυτή την περίπτωση είναι η ακόλουθη [18] :

1. Για δεδομένα (p_1, 1-α) και (p_2, β) βρίσκουμε τις τιμές Z , με χρήση του MINITAB, έστω Z_1 και Z_2 αντίστοιχα.
2. Εφόσον έχουμε κανονική κατανομή με γνωστό σ και LSL , με αντικατάσταση στον τύπο $Z_{LSL} = \frac{\bar{x}-LSL}{\sigma}$ λύνουμε ως προς $\bar{x}$ και βρίσκουμε τα μ_1 και μ_2 για τα αντίστοιχα Z_1 και Z_2.
3. Λαμβάνοντας ως κριτήριο ότι για να γίνει μία παρτίδα δεκτή πρέπει $Z_{LSL} \geq k$, αφαιρούμε το μ/σ και από τα δύο μέλη της ανισότητας και πολλαπλασιάζουμε κάθε μέλος με $\sqrt{n}$ έχουμε για μ_1 και μ_2 :

   (1) : $\frac{\bar{x}-\mu_1}{\sigma/\sqrt{n}} \geq \left[k - \frac{\mu_1-LSL}{\sigma}\right]\sqrt{n}$ και (2) : $\frac{\bar{x}-\mu_2}{\sigma/\sqrt{n}} \geq \left[k - \frac{\mu_2-LSL}{\sigma}\right]\sqrt{n}$
4. Λαμβάνοντας υπόψη ότι $Z_1 = \frac{(\mu_1-LSL)}{\sigma}$ και $Z_2 = \frac{(\mu_2-LSL)}{\sigma}$ και ότι $\frac{\bar{x}-\mu}{\sigma/\sqrt{n}} \sim N(0,1)$, η πιθανότητα να ισχύει η (1) είναι 1-α και η (2) είναι β τότε έχουμε ότι : $(k - Z_1)\sqrt{n} = Z_{1-\alpha}$ και $(k - Z_2)\sqrt{n} = Z_\beta$.
5. Τέλος, γνωρίζοντας ότι $Z_{1-\alpha} = -Z_\alpha$ λύνουμε ως προς k και n και έχουμε ότι:

   $k = Z_1 \frac{-Z_a}{\sqrt{n}}$ και $n = \left[\frac{Z_a+Z_\beta}{Z_1-Z_2}\right]^2$.

3.3.Προδιαγραφή MIL-STD-414 (ANSI/ASQC Z1.9)

Η στρατιωτική προδιαγραφή για την δειγματοληψία αποδοχής μεταβλητών είναι η MIL-STD-414 [9, 17, 19, 20] . Για πρώτη φορά εκδόθηκε το 1957 από το αμερικανικό υπουργείο άμυνας. Η αντίστοιχη σε πολιτικό επίπεδο είναι η ANSI/ASQC Z1.9 η οποία άρχισε να χρησιμοποιείται από το 1972 από το αμερικανικό εθνικό ινστιτούτο προτύπων ενώ το 1980

αναθεωρήθηκε από την αμερικανική εταιρεία ποιοτικού ελέγχου. Το 1981 για τον διεθνή οργανισμό τυποποίησης πήρε την ονομασία ISO/DIS 3951.

Η αποδεκτή στάθμη ποιότητας (AQL) είναι το σημαντικότερο μέρος της προδιαγραφής, όπως συνέβαινε και στην MIL-STD-105E. Η MIL-STD-414 έχει 5 γενικά επίπεδα ελέγχου, τα I, II, III, IV, V. Στα I , II και III έχουμε μικρότερο μέγεθος δείγματος και επομένως και μικρότερο κόστος, και χρησιμοποιούνται όταν μπορούμε να έχουμε μεγαλύτερη τιμή του β που είναι το ρίσκο του καταναλωτή. Το επίπεδο IV ονομάζεται κανονικό ενώ το V αυστηρό. Στον πίνακα που ακολουθεί απεικονίζονται το μέγεθος δείγματος και το επίπεδο ελέγχου.

Πίνακας 9

Κωδικά γράμματα ανάλογα με το μέγεθος της παρτίδας [6, Table A-2-Sample Size Code Letters)

	Επίπεδο Ελέγχου				
Μέγεθος Δείγματος	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**
3-8	B	B	B	B	C
9-15	B	B	B	B	D
16-25	B	B	B	C	E
26-40	B	B	B	D	F
41-65	B	B	C	E	G
66-110	B	B	D	F	H
111-180	B	C	E	G	I
181-300	B	D	F	H	J
301-500	C	E	G	I	K
501-800	D	F	H	J	L
801-1300	E	G	I	K	L
1301-3200	F	H	J	L	M
3201-8000	G	I	L	M	N
8001-22000	H	J	M	N	O

22001-110000	I	K	N	O	P
110001-550000	I	K	O	P	Q
550001 και άνω	I	K	P	Q	Q

Ο έλεγχος αρχικά είναι κανονικός. Για να περάσουμε από τον κανονικό έλεγχο στον ελαστικό πρέπει να ισχύουν τα ακόλουθα ταυτόχρονα:

1. Οι 10 προηγούμενες παρτίδες να είναι αποδεκτές.
2. Στην παραγωγική διαδικασία το προσδιοριζόμενο μέσο κλάσμα ασυμφωνιών να είναι μικρότερο από το ορισμένο όριο, μέσω πίνακα.
3. Να έχουμε σταθερή ποιότητα στην παραγωγή μας. Δηλαδή, στην περίπτωση που μία παρτίδα απορριφθεί ή το μέσο κλάσμα ασυμφωνιών ξεπεράσει το AQL τότε επιστρέφουμε πάλι σε κανονικό έλεγχο.

Περνάμε σε αυστηρό έλεγχο όταν το μέσο κλάσμα της παραγωγικής διαδικασίας των 10 προηγούμενων παρτίδων ξεπερνά το AQL.

Η εφαρμογή της προδιαγραφής ακολουθεί τα εξής στάδια:

1. Δίνεται γενική περιγραφή πλάνων δειγματοληψίας. Ανάλογα με το μέγεθος της παρτίδας και το επίπεδο ελέγχου δίνεται ο αντίστοιχος πίνακας σαν τον πίνακα 9 και οι χαρακτηρίζουσες καμπύλες των πλάνων δειγματοληψίας.
2. Για άγνωστη μεταβλητότητας σ της παρτίδας, δίνονται πίνακες ενός ή δύο ορίων προδιαγραφής, LSL/USL, βασισμένοι στην τυπική απόκλιση του δείγματος.
3. Αντίστοιχα με το $2^{ο}$ βήμα, δίνονται πίνακες βασισμένοι στο εύρος του δείγματος.
4. Για γνωστή μεταβλητότητας σ της παρτίδας, δίνονται οι αντίστοιχοι πίνακες των βημάτων 2 και 3.

3.4.Προσδιορισμός πλάνου δειγματοληψίας μεταβλητών με βάση τις μέσες τιμές δείγματος, όταν είναι γνωστή η τυπική απόκλιση

Τα πλάνα δειγματοληψίας μεταβλητών που βασίζονται στις μέσες τιμές δείγματος συνήθως χρησιμοποιούνται για ακατέργαστα υλικά, αλλά υπάρχουν και φορές που είναι χρήσιμα και για διακριτά αντικείμενα ή ακόμα και για άλλες μεταβλητές όπως τη ν απώλεια ενέργειας σε μετατροπείς ενέργειας. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται σε αυτές τις περιπτώσεις είναι ο στατιστικός έλεγχος υποθέσεων.

4. Άλλες Μέθοδοι Δειγματοληψίας Αποδοχής

4.1.Αλυσιδωτή Δειγματοληψία

Στις περιπτώσεις όπου για τον έλεγχο των προϊόντων χρειάζεται η καταστροφή των προϊόντων και στις περιπτώσεις που ο έλεγχος κοστίζει πολύ χρησιμοποιούμε μικρό μέγεθος δείγματος. Όμως το μικρό μέγεθος δείγματος συνεπάγεται πως θα έχουμε ως αριθμό αποδοχής το μηδέν. Παρατηρώντας την χαρακτηρίζουσα καμπύλη όταν το κλάσμα μη συμφωνούντων αυξηθεί ελάχιστα πάνω από το μηδέν τότε πολύ γρήγορα η πιθανότητας αποδοχής της παρτίδας μειώνεται. Αυτό σημαίνει πως πολύ πιο εύκολα μπορεί να απορριφθεί μία παρτίδα παρόλο που ύστερα κάνοντας 100% έλεγχο να διαπιστώσουμε πως δεν έπρεπε να απορριφθεί. Αυτό με τη σειρά του συνεπάγεται πολύ μεγάλο κόστος στον παραγωγό-κατασκευαστή. Σε αυτές, λοιπόν, τις περιπτώσεις χρησιμοποιούμε την αλυσιδωτή δειγματοληψία, αντί της απλής δειγματοληψίας, η οποία λαμβάνει υπόψη τα αποτελέσματα 3 έως 5 προηγούμενων δειγματοληψιών. Η ακριβής διαδικασία, σύμφωνα με τον H.F. Dodge [7], είναι η ακόλουθη :

- Για κάθε παρτίδα επιλέγουμε το μέγεθος δείγματος n και παρατηρούμε πόσα μη συμφωνούντα προϊόντα έχουμε.
- Αν το δείγμα δεν έχει κανέναν μη συμφωνών προϊόν τότε αποδεχόμαστε την παρτίδα. Αν το δείγμα έχει 2 ή περισσότερα μη συμφωνούντα προϊόντα τότε απορρίπτουμε την παρτίδα. Αν το δείγμα έχει μόνο 1 μη συμφωνών προϊόν τότε αποδεχόμαστε την παρτίδα εάν στις τελευταίες i (3 έως 5) παρτίδες δεν είχαμε κανένα μη συμφωνών.

Με αυτό τον τρόπο καθιστούμε πιο δύσκολη την απόρριψη παρτίδων που έχουν μικρό ποσοστό μη συμφωνούντων προϊόντων. Η πιθανότητα αποδοχής μίας παρτίδας σε ένα τέτοιο πλάνο ισούται με :

$$P_a = P_{(0,n)} + P_{(1,n)} * [P_{(0,n)}]^i$$

όπου $P_{(0,n)}$ είναι η πιθανότητα εμφάνισης μηδέν ασυμφωνιών σε δείγμα μεγέθους n,

$P_{(1,n)}$ είναι η πιθανότητα εμφάνισης μίας ασυμφωνίας σε δείγμα μεγέθους n και

$[P_{(0,n)}]^i$ είναι η πιθανότητα εμφάνισης μηδέν ασυμφωνιών σε δείγματα μεγέθους n από τις i προηγούμενες παρτίδες.

Για n=6 , c=0 , i=3 και p=0.10 με χρήση του πίνακα της διωνυμικής έχουμε :

$$P_{(0,6)} = 0.5314$$

$$P_{(1,6)} = 0.3543$$

Επομένως , $P_\alpha = 0.5314 + 0.3543 * [0.5314]^3 = 0.5846$

Συμπεραίνουμε πως η πιθανότητα αποδοχής με την απλή δειγματοληψία είναι 53.14% ενώ με την αλυσιδωτή δειγματοληψία είναι 58.46%. Όσο το i μεγαλώνει τόσο μειώνεται η πιθανότητα αποδοχής της παρτίδας.

Οι ακόλουθες προϋποθέσεις απαιτούνται για να μπορούμε να εφαρμόσουμε την αλυσιδωτή δειγματοληψία [1,8] :

1. Η παρτίδα θα πρέπει να είναι από μία συνεχόμενη ροή παρτίδων , από μία επαναλαμβανόμενη παραγωγή κάτω από τις ίδιες συνθήκες.
2. Οι παρτίδες να έχουν την ίδια ποιότητα.
3. Αυτός που πραγματοποιεί τη δειγματοληψία δε θα πρέπει να έχει κάποιο λόγο ώστε να πιστεύει πως η επιλεγμένη παρτίδα είναι χειρότερης ποιότητας από τις αμέσως προηγούμενες.
4. Ο κατασκευαστής να παράγει σταθερά αποδεκτή ποιότητα προϊόντων.
5. Να υπάρχει εμπιστοσύνη μεταξύ του προμηθευτή και αυτού που κάνει τη δειγματοληψία έτσι ώστε να μην υπάρχει η περίπτωση μετά από αρκετές αποδεκτές παρτίδες ο προμηθευτής να στείλει κακή παρτίδα η οποία θα έχει καλή πιθανότητα να γίνει αποδεκτή.

4.2.Συνεχής Δειγματοληψία

Σε όλα τα παραπάνω πλάνα δειγματοληψίας συζητήσαμε για πλάνα που γίνονται κατά παρτίδα. Όμως, υπάρχουν πολλές βιομηχανικές παραγωγές που δε μπορούμε να ορίσουμε εύκολα την παρτίδα γιατί το προϊόν συντίθεται σταδιακά κινούμενο σε μία γραμμή παραγωγής μέχρι την ολοκλήρωσή του.

Έτσι ο ορισμός της παρτίδας περιλαμβάνει την παραγωγή εντός κάποιου χρονικού διαστήματος όπως για παράδειγμα την παραγωγή μίας εβδομάδας. Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούμε τη συνεχή δειγματοληψία και οι προϋποθέσεις της είναι η ποιοτική ομοιογένεια των προϊόντων και η μεγάλη ταχύτητα ελέγχου.

Τα πλάνα συνεχούς δειγματοληψίας συνήθως ξεκινούν με 100% έλεγχο και μόλις περάσει ένας σταθερός αριθμός προϊόντων χωρίς ασυμφωνίες, ο οποίος συμβολίζεται με i και συνήθως ονομάζεται αριθμός μετάπτωσης ελέγχου, εφαρμόζεται δειγματοληπτικός έλεγχος. Ο δειγματοληπτικός έλεγχος συνεχίζεται έως ότου φτάσουμε έναν προσυμφωνηθέν αριθμό μη συμφωνούντων προϊόντων οπότε επιστρέφουμε σε 100% έλεγχο. Όλες οι μη συμφωνούσες μονάδες αντικαθίστανται ή αποκαθίστανται ώστε να γίνουν αποδεκτές. Τα πλάνα συνεχούς δειγματοληψίας είναι επανορθωτικά πλάνα ελέγχου στα οποία η ποιότητα του προϊόντος βελτιώνεται με τον μερικό έλεγχο.

Στο πλάνο CSP-1 [9-12] όταν ο δειγματοληπτικός έλεγχος εντοπίσει μία μη συμφωνούσα μονάδα τότε ο έλεγχος από δειγματοληπτικός γίνεται 100%. Στο πλάνο CSP-2 [9-12] για να περάσουμε σε 100% έλεγχο από τον δειγματοληπτικό θα πρέπει να βρεθούν 2 μη συμφωνούσες μονάδες σε ένα εύρος i εξεταζόμενων μονάδων. Τέλος, στο πλάνο CSP-3 [9-12] αφότου βρούμε μία μη συμφωνούσα μονάδα τότε για να περάσουμε σε 100% έλεγχο πρέπει να υπάρχει κι άλλη μη συμφωνούσα μονάδα στις επόμενες τέσσερεις. Αν δε βρεθεί τότε επιστρέφουμε στο πλάνο CSP-2. Τα πλάνα αυτά ξεκίνησαν να χρησιμοποιούνται το 1943 από τον Harold F. Dodge [9] και τροποποιήθηκαν από τους Dodge και Torrey το 1951 [12] . Η στρατιωτική προδιαγραφή που περικλείει αυτά τα πλάνα είναι η MIL-STD-1235C [13] η οποία αναθεωρήθηκε τελευταία φορά το 1988.

4.3.Δειγματοληψία με επιλεγόμενες παρτίδες

Η δειγματοληψία με επιλεγόμενες παρτίδες είναι επέκταση της συνεχούς δειγματοληψίας. Θεωρούνται παρτίδες προϊόντων και όχι μεμονωμένα προϊόντα. Χρησιμοποιείται όταν ο κατασκευαστής δίνει

αποδεδειγμένα προϊόντα υψηλής ποιότητας. Τα δύο επικρατέστερα πλάνα είναι τα ακόλουθα :

1. Στο πλάνο SkSP-1 [14,15] αρχικά ελέγχονται όλες οι παρτίδες μέχρι να συμπληρωθεί i αριθμός παρτίδων που μετά τον έλεγχό τους έγιναν αποδεκτές. Έπειτα, ο έλεγχος γίνεται δειγματοληπτικός όπου ελέγχονται ένας αριθμός τυχαία επιλεγμένων παρτίδων μέχρι να βρεθεί μη αποδεκτή παρτίδα οπότε επιστρέφουμε σε 100% έλεγχο και η διαδικασία επαναλαμβάνεται.
2. Στο πλάνο SkSP-2 [14,15] ξεκινάμε με κανονικό έλεγχο με χρήση πλάνου αναφοράς σε κάθε υποβαλλόμενη παρτίδα, για παράδειγμα n=30 , c=2 , και σε αυτό το στάδιο ελέγχονται όλες οι παρτίδες. Μόλις συμπληρωθεί ένας αριθμός συνεχόμενων αποδεκτών παρτίδων περνάμε σε επιλεγμένο έλεγχο όπου ελέγχουμε μόνο μερικές από τις υποβαλλόμενες παρτίδες. Αν σε αυτό το στάδιο απορριφθεί μία παρτίδα επιστρέφουμε σε κανονικό έλεγχο.

5.Συμπεράσματα-Περαιτέρω Έρευνα

Έχοντας παρουσιάσει όλες τις παραπάνω μεθόδους είναι πλέον φανερό πως η δειγματοληψία αποδοχής είναι μία μεθοδολογία η οποία μπορεί με την ορθή χρησιμοποίηση της και την κατάλληλη επιλογή κάποιας από τις μεθόδους της να μας προσφέρει χρήσιμες πληροφορίες κατά τον έλεγχο ποιότητας. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τον τρόπο εφαρμογής της δειγματοληψίας αποδοχής για πολλούς λόγους, διότι η «σωστή» χρήση της αποδεικνύεται συμφέρουσα.

Καταρχάς, η δειγματοληψία αποδοχής μπορεί να μας γλυτώσει από έναν 100% έλεγχο το οποίο μας εξοικονομεί οικονομικούς πόρους και επιπλέον επισπεύδει την όλη διαδικασία. Επίσης, με την σωστότερη χρήση της δειγματοληψίας αποδοχής μπορούμε να πετύχουμε την μικρότερη δυνατή ανάγκη για δείγμα κάτι το οποίο «μεταφράζεται» ως μικρότερη απώλεια από τις παραγόμενες μονάδες μας και πιο γρήγορη παραγωγή.

Η δειγματοληψία αποδοχής επιπλέον προσφέρει μία «ασφάλεια» στον καταναλωτή καθώς είναι σημαντικό να υπάρχει ο έλεγχος εάν τηρούνται ή όχι οι προδιαγραφές που ορίζονται για οτιδήποτε «μπαίνει» σε μία παραγωγική διαδικασία. Αυτό, επίσης, συχνά χρησιμοποιείται και προς όφελος των παραγωγών καθώς το αυξανόμενο κέρδος τους ωθεί να εξασφαλίσουν την τήρηση των προδιαγραφών ώστε να μεγιστοποιούν την απόδοση που μπορεί να έχουνε από μία παραγωγική διαδικασία.

Οι διάφορες μέθοδοι της δειγματοληψίας αποδοχής μας δίνουν την ευελιξία να αντιμετωπίσουμε διαφορετικά την κάθε παραγωγική διαδικασία, ανάλογα με τις «ανάγκες» μας, και να προσαρμόσουμε πάνω στην παραγωγική διαδικασία το κατάλληλο μοντέλο. Είναι χρήσιμο λοιπόν να γνωρίζουμε τις μεθόδους που αναφέραμε στην παρούσα εργασία όσο πιο αναλυτικά γίνεται για να αποκομίσουμε τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα και το μέγιστο της πληροφορίας.

Στο σημείο αυτό είναι απαραίτητο να αναφερθεί πως η δειγματοληψία αποδοχής παρουσιάζει και κάποια μειονεκτήματα. Πάντα υπάρχει το ρίσκο να

απορρίψουμε ή να αποδεχτούμε λανθασμένα μία παρτίδα ή επιπλέον για να πάρουμε την πληροφορία που χρειαζόμαστε τελικά να δαπανήσουμε περισσότερους οικονομικούς πόρους από αυτούς που υπολογίσαμε αρχικά. Αυτό όμως είναι κάτι το φυσιολογικό που μπορεί να μετριαστεί κατά πολύ ο κίνδυνος εμφάνισής του.

Η καλύτερη ίσως επιλογή για να έχουμε το πιο ορθό αποτέλεσμα στον έλεγχο ποιότητας είναι να καταφέρουμε να αξιοποιήσουμε όλο το φάσμα του ελέγχου ποιότητας που περιλαμβάνει τη δειγματοληψία αποδοχής, το στατιστικό έλεγχο διεργασιών και το σχεδιασμό και ανάλυση πειραμάτων. Μία σωστή διαχείριση αυτών μπορεί να μας εξασφαλίσει μία εξαιρετική γραμμής παραγωγής όσον αφορά τον έλεγχο ποιότητας με παρακολούθηση σε κάθε στάδιο αυτής. Δε θα πρέπει να υποτιμηθεί κάποια από τις μεθόδους διότι η κάθε μία έχει να προσφέρει περισσότερο ή λιγότερο. Και μπορεί ο στατιστικός έλεγχος διεργασιών και ο σχεδιασμός πειραμάτων να είναι πλέον σύγχρονες μέθοδοι οι οποίες συνεχώς εξελίσσονται όμως κανείς μπορεί να προχωρήσει σε περαιτέρω έρευνα και όσον αφορά τη δειγματοληψία αποδοχής.

Πιο συγκεκριμένα, ειδικά οι μέθοδοι που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 4, δηλαδή η αλυσιδωτή δειγματοληψία, η συνεχής δειγματοληψία και η δειγματοληψία με επιλεγόμενες παρτίδες, είναι μέθοδοι οι οποίες δεν αναλύθηκαν πλήρως στην παρούσα εργασία. Φαίνεται να «ακολουθούν» περισσότερο κάθε «κινούμενη πραγματική» παραγωγική διαδικασία και για το λόγο αυτό χρήζουν περισσότερης έρευνας. Τέλος, είναι εξίσου σημαντικό, αυτό που αναφέρθηκε και λίγο παραπάνω, να γίνει ο κατάλληλος συνδυασμός των μεθοδολογιών που αφορούν τον έλεγχο ποιότητας και αυτό είναι ένα αντικείμενο που μπορεί να επεκταθεί σε ένα μεγάλο εύρος διότι η κάθε μεθοδολογία δεν καλύπτει την άλλη αλλά την συμπληρώνει έως ένα βαθμό.

6.Αναφορές

1. Montgomery, D.C. (2009). Introduction to Statistical Quality Control, 6th edition, chapters 15&16, J.Wiley & Sons
2. Larson, H.R. (1965). A Nomograph of the Cumulative Binomial Distribution, Western Electric
3. United States Department of Defense (1989). Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes, MIL STD 105E, U.S. Government Printing Office, Washington DC
4. Dodge, H. F., and Romig, H. G. (1959). Sampling Inspection Tables, Single and Double Sampling, 2nd edition, Wiley, New York
5. Jacobson, L.J. (1949). Nomograph for Determination of Variables Inspection Plan for Fraction Defective, Industrial Quality Control
6. United States Department of Defense (1957). Sampling Procedures and Tables for Inspection by Variables for Percent Defective, MIL STD 414, U.S. Government Printing Office, Washington DC
7. Dodge, H. F. (1955). Chain Sampling Inspection Plans, *Industrial Quality Control,* 11(4), 10–13
8. Wadsworth, Harrison M., Stephens, Kenneth S. and Godfrey, A. Blanton (1986). Modern Methods for Quality Control and Improvement, 2nd edition, Wiley, Chichester
9. Dodge, H. F. (1943). A Sampling Inspection Plan for Continuous Production, Annals of Mathematician Statistics, 14(3), 264-279
10. Dodge, H. F. (1944). A Sampling Inspection Plan for Continuous Production, Trans. of ASME, 66(2), 127-133
11. Dodge, H. F. (1947). Sampling Plans for Continuous Production, Industrial Quality Control, 4(3), 5-9
12. Dodge,H. F. and Torrey, M.N. (1951). Additional Continuous Sampling Inspection Plans, Industrial Quality Control, 7(5), pp. 7-12
13. United States Department of Defense (1988). Single and Multi-Level Continuous Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes, MIL STD 1235C, U.S. Government Printing Office, Washington DC

14. Dodge, H. F. and Perry, R. L. (1971). A System of Skip-Lot Plans for Lot by Lot Inspection, Annual Technical Conference Transactions, ASQC, 469-477
15. Dodge, H.F. (1955). Skip-Lot Sampling Plan, Industrial Quality Control, 11(5), 3-5
16. Grant, E.L. and Leavenworth, R.S. (1996). Statistical Quality Control, 7th edition, chapter 15, McGraw-Hill, N.York
17. Lieberman, G. J. and Resnikoff, G.J. (1955). Sampling Plans for Inspection by Variables, Journal of the American Statistical Association, 50(270), 457–516
18. Duncan, A.J. (1986). Quality Control and Industrial Statistics, 5th edition, chapters 11-15, Homewood, Irwin, Illinois
19. Duncan, A.J. (1975). Sampling by Variables to Control the Fraction Defective: Part I, Journal of Quality Technology, 7(1), pp. 34-42
20. Kao, J.H.K. (1971). MIL-STD-414 Sampling Procedures and Tables for Inspection by Variables for Percent Defective, Journal of Quality Technology, 3(1), 28-37
21. Wald, A. (1947). Sequential Analysis, Wiley, New York