

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ**

**Δειγματοληψία αποδοχής: Επέκταση πινάκων του προτύπου
ANSI/ASQC Z1.4-1981**

**Θεόδωρος Π. Αρχιμανδρίτης
Πτυχίο Μηχανολόγου Μηχανικού
Πανεπιστημίου Πατρών**

**Υποβληθείσα για το Μεταπτυχιακό Δίπλωμα στη
Διοίκηση Ολικής Ποιότητας**

Πειραιάς 2002

Στη μνήμη του πατέρα μου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή ασχολείται με τη δειγματοληψία αποδοχής τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο. Ξεκινά με την εισαγωγή στις βασικές έννοιες του αντικειμένου, τη σχέση του με άλλες μεθόδους και τη θέση που έχει σε ένα σύγχρονο περιβάλλον ολικής ποιότητας. Συνεχίζει με μια εκτενή ανασκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας σχετικά με συγκεκριμένα θέματα που κρίθηκαν πιο κρίσιμα για το αντικείμενο της εργασίας. Ακολουθεί μία ανάλυση ευαισθησίας του μονού δειγματοληπτικού σχεδίου σε σχέση με τις χαρακτηριστικές του παραμέτρους. Η εργασία αυτή κλείνει με την επέκταση του Πίνακα II-A του προτύπου ANSI/ASQC Z1.4-1981 και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

Το αντικείμενο της εργασίας κρίνεται σημαντικό καθώς περιέχει μια αρκετά ενδελεχή επισκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας, ενώ και στο θέμα της ανάλυσης ευαισθησίας είναι από τις λίγες φορές όπου βρίσκονται και αναλύονται συγκεντρωμένα τόσα πολλά εναλλακτικά σενάρια. Τέλος, σε σχέση με την επέκταση των πινάκων του παραπάνω προτύπου, κάτι τέτοιο κρίνεται εξαιρετικά σημαντικό καθώς αποτελεί χρήσιμο εργαλείο στα χέρια αυτών που βασίζονται στους πίνακες των προτύπων αυτών για την ανάπτυξη του δειγματοληπτικού τους σχεδίου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα στο σημείο αυτό να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε συγκεκριμένα άτομα που με τον ένα ή τον άλλο τρόπο με βοήθησαν την ολοκλήρωση της εργασίας.

Πρώτα από όλα, θέλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την ηθική και υλική συμπαράσταση καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Επίσης, οφείλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Γιώργο Μποχώρη για την επιλογή του ενδιαφέροντος αυτού θέματος και την καθοδήγηση του χωρίς την οποία δεν θα ήταν δυνατή η εκπλήρωση της εργασίας.

Τέλος, επιθυμώ να ευχαριστήσω μέσα από την καρδιά μου όλους τους φίλους και συνάδελφους που μου συμπαραστάθηκαν σε δύσκολες στιγμές και σε μεγάλο βαθμό τους οφείλω την ολοκλήρωση των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	6
ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΑ.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγικά στοιχεία για τη δειγματοληψία αποδοχής	8
1.1 Τι είναι η δειγματοληψία αποδοχής.....	8
1.2. Που χρησιμοποιείται η δειγματοληψία αποδοχής	9
1.3 Τα πλεονεκτήματα της δειγματοληψίας αποδοχής.....	11
1.4 Τα μειονεκτήματα της δειγματοληψίας αποδοχής	12
1.5 Η σχέση της δειγματοληψίας αποδοχής με τον 100% έλεγχο.....	12
1.6 Θέματα κόστους της δειγματοληψίας αποδοχής.....	13
1.7 Το ρίσκο που συνδέεται με τη δειγματοληψία αποδοχής .	14
1.8 Πώς επιλέγεται ένα σχέδιο	16
1.9 Η σχέση της δειγματοληψίας αποδοχής με τη Διοίκηση Ολικής Ποιότητας και η θέση της σήμερα	19
1.10 Βιβλιογραφία κεφαλαίου 1.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Ανασκόπηση σχετικής βιβλιογραφίας	24
2.1 Δειγματοληψία αποδοχής με τη χρήση διάφορων κατανομών	24
■ 2.1.1 Κανονική κατανομή.....	24
■ 2.1.2 Διωνυμική κατανομή	25
■ 2.1.3 Κατανομή Poisson	25
■ 2.1.4 Ομοιόμορφη κατανομή.....	26
■ 2.1.5 Τριγωνική κατανομή.....	26
■ 2.1.6 Κατανομή Γάμα.....	27
■ 2.1.7 Κατανομή Βήτα	27
■ 2.1.8 Κατανομή t-Student	28
■ 2.1.9 Αντίστροφη Γκαουσιανή Κατανομή	29
■ 2.1.10 Κατανομή Laplace	30
■ 2.1.11 Κατανομή Cauchy.....	30
■ 2.1.12 Λογαριθμική-Κανονική (Lognormal) Κατανομή	31
■ 2.1.13 Κατανομή Weibull	31
■ 2.1.14 Κατανομή Neyman.....	31
2.2 Σχεδιασμός δειγματοληπτικών σχεδίων και σύγκριση μεθόδων	32

■ 2.2.1 Δειγματοληπτικά σχέδια Dodge-Romig.....	34
■ 2.2.2 Οικονομικά δειγματοληπτικά σχέδια	36
■ 2.2.3 Δειγματοληπτικά σχέδια πολλαπλών ιδιοτήτων	41
■ 2.2.4 Δειγματοληπτικά σχέδια για επιθεωρήσεις δειγμάτων που περιέχουν σφάλματα.....	43
■ 2.2.5 Δειγματοληπτικά σχέδια με διαφορετικούς χειρισμούς του πληθυσμού και του δείγματος	45
■ 2.2.6 Λοιπές μέθοδοι δειγματοληψίας και είδη σχεδίων.....	50
2.3 Ανάπτυξη λογισμικού σχεδιασμού δειγματοληπτικών σχεδίων	57
2.4 Δειγματοληψία αποδοχής και SPC	61
2.5 Η δειγματοληψία αποδοχής σήμερα και εναλλακτικές χρήσεις της.	62
2.6 Βιβλιογραφία κεφαλαίου 2	66
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Ανάλυση ευαισθησίας του απλού και διπλού δειγματοληπτικού σχεδίου.....	
3.1 Βιβλιογραφική αναφορά.....	71
3.2 Παρουσίαση των εναλλακτικών σχεδίων	73
3.3 Παρουσίαση διαγραμμάτων.....	74
3.3.1. Απλά δειγματοληπτικά σχέδια με σταθερό όριο αποδοχής και μεταβαλλόμενο μέγεθος δείγματος	74
3.3.2. Απλά δειγματοληπτικά σχέδια με σταθερό μέγεθος δείγματος και μεταβαλλόμενο όριο αποδοχής.	75
3.3.3. Απλά δειγματοληπτικά σχέδια με σταθερό λόγο μεγέθους δείγματος και ορίου αποδοχής.....	75
3.3.4. Διπλά δειγματοληπτικά σχέδια με μεταβαλλόμενο το μέγεθος του πρώτου δείγματος	76
3.3.5. Διπλά δειγματοληπτικά σχέδια με μεταβαλλόμενο το μέγεθος του δεύτερου δείγματος.....	78
3.3.6. Διπλά δειγματοληπτικά σχέδια με μεταβαλλόμενο πρώτο όριο αποδοχής	79
3.3.7. Διπλά δειγματοληπτικά σχέδια με μεταβαλλόμενο δεύτερο όριο αποδοχής.....	80
3.3.8. Διπλά δειγματοληπτικά σχέδια με μεταβαλλόμενο πρώτο όριο .. απόρριψης	82

3.3.9. Διπλά δειγματοληπτικά σχέδια με σταθερό λόγο μεγέθους πρώτου δείγματος και πρώτου ορίου απόρριψης	83
3.3.10. Διπλά δειγματοληπτικά σχέδια με σταθερό λόγο μεγέθους δευτέρου δείγματος και δευτέρου ορίου απόρριψης	84
3.4 Βιβλιογραφία κεφαλαίου 3	86
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Επέκταση του Πίνακα II-A μονών δειγματοληπτικών σχεδίων με κανονική επιθεώρηση του προτύπου ANSI/ASQC Z1.4-1981..	1
4.1 Ιστορική αναδρομή	1
4.2 Ορισμοί του AQL	2
4.3 Διαδικασία επέκτασης του Πίνακα II-A του προτύπου ANSI/ASQC Z1.4-1981.....	3
4.4 Βιβλιογραφία κεφαλαίου 4	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συμπεράσματα και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	10
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	13
<u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Δειγματοληπτικά σχέδια μονής δειγματοληψίας με κανονική επιθεώρηση σύμφωνα με την επέκταση του Πίνακα II-A του προτύπου ANSI/ASQC Z1.4-1981</u>	I

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1. Συνολικά κόστη για τρεις μεθόδους δειγματοληψίας	14
Πίνακας 1.2. Συγκριτικά στοιχεία για το μονό, διπλό και πολλαπλό δειγματοληπτικό σχέδιο.....	19
Πίνακας 3.1. Παράμετροι των απλών σχεδίων που χρησιμοποιήθηκαν...	73
Πίνακας 3.2. Παράμετροι των διπλών σχεδίων που χρησιμοποιήθηκαν..	73
Πίνακας 4.1. Περίληψη των δειγματοληπτικών σχεδίων μονής δειγματοληψίας με κανονική επιθεώρηση	4
Πίνακας 4.2 Μεγέθη δείγματος για κάθε όριο αποδοχής και AQL=2%.....	5
Πίνακας 4.3. Πίνακας II-A του προτύπου ANSI/ASQC Z1.4-1981 χωρίς τρογγυλοποίηση των μεγεθών του δείγματος	7
Πίνακας A.1. Δειγματοληπτικά σχέδια με $0.010 \leq AQL \leq 0.050$	I
Πίνακας A.2. Δειγματοληπτικά σχέδια με $0.055 \leq AQL \leq 0.095$	II
Πίνακας A.3. Δειγματοληπτικά σχέδια με $0.10 \leq AQL \leq 0.50$	IV
Πίνακας A.4. Δειγματοληπτικά σχέδια με $0.55 \leq AQL \leq 0.95$	V

Πίνακας A.5. Δειγματοληπτικά σχέδια με $1.0 \leq AQL \leq 1.80$	VII
Πίνακας A.6. Δειγματοληπτικά σχέδια με $1.9 \leq AQL \leq 2.70$	VIII
Πίνακας A.7. Δειγματοληπτικά σχέδια με $2.8 \leq AQL \leq 6$	IX
Πίνακας A.8. Δειγματοληπτικά σχέδια με $6.5 \leq AQL \leq 10.5$	X
Πίνακας A.9. Δειγματοληπτικά σχέδια με $11.0 \leq AQL \leq 15.0$	XI
Πίνακας A.10. Δειγματοληπτικά σχέδια με $15.5 \leq AQL \leq 19.5$	XII
Πίνακας A.11. Δειγματοληπτικά σχέδια με $20 \leq AQL \leq 60$	XIII
Πίνακας A.12. Δειγματοληπτικά σχέδια με $65 \leq AQL \leq 110$	XIII
Πίνακας A.13. Δειγματοληπτικά σχέδια με $120 \leq AQL \leq 200$	XIV
Πίνακας A.14. Δειγματοληπτικά σχέδια με $250 \leq AQL \leq 650$	XIV
Πίνακας A.15. Δειγματοληπτικά σχέδια με $700 \leq AQL \leq 1200$	XV
Πίνακας A.16. Δειγματοληπτικά σχέδια με $1300 \leq AQL \leq 2100$	XV

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1. Διαδικασία δειγματοληψίας αποδοχής	9
Σχήμα 1.2. Σχέση της δειγματοληψίας αποδοχής και του στατιστικού έλεγχου διεργασιών.....	9
Σχήμα 3.1. Χαρακτηριστική καμπύλη απλών δειγματοληπτικού σχεδίων για μεταβαλλόμενο μέγεθος δείγματος και μηδενικό όριο αποδοχής	74
Σχήμα 3.2. Χαρακτηριστική καμπύλη απλών δειγματοληπτικού σχεδίων για μεταβαλλόμενο όριο αποδοχής και σταθερό μέγεθος δείγματος	75
Σχήμα 3.3. Χαρακτηριστική καμπύλη απλών δειγματοληπτικού σχεδίων για σταθερό λόγο μεγέθους δείγματος και ορίου αποδοχής	76
Σχήμα 3.4. Χαρακτηριστική καμπύλη διπλών δειγματοληπτικού σχεδίων για μεταβαλλόμενο μέγεθος του πρώτου δείγματος	77
Σχήμα 3.5. Μέσο μέγεθος δείγματος διπλών δειγματοληπτικού σχεδίων για μεταβαλλόμενο μέγεθος του πρώτου δείγματος.....	77
Σχήμα 3.6. Χαρακτηριστική καμπύλη διπλών δειγματοληπτικού σχεδίων για μεταβαλλόμενο μέγεθος του δεύτερου δείγματος	78
Σχήμα 3.7. Μέσο μέγεθος δείγματος διπλών δειγματοληπτικού σχεδίων για μεταβαλλόμενο μέγεθος του πρώτου δείγματος.....	78
Σχήμα 3.8. Χαρακτηριστική καμπύλη διπλών δειγματοληπτικού σχεδίων για μεταβαλλόμενο πρώτο όριο αποδοχής.....	79

Σχήμα 3.9. Μέσο μέγεθος δείγματος διπλών δειγματοληπτικού σχεδίων για μεταβαλλόμενο πρώτο όριο αποδοχής.....	80
Σχήμα 3.10. Χαρακτηριστική καμπύλη διπλών δειγματοληπτικού σχεδίων για μεταβαλλόμενο δεύτερο όριο αποδοχής.....	81
Σχήμα 3.11. Μέσο μέγεθος δείγματος διπλών δειγματοληπτικού σχεδίων για μεταβαλλόμενο δεύτερο όριο αποδοχής.....	81
Σχήμα 3.12. Χαρακτηριστική καμπύλη διπλών δειγματοληπτικού σχεδίων για μεταβαλλόμενο πρώτο όριο απόρριψης.....	82
Σχήμα 3.13. Μέσο μέγεθος δείγματος διπλών δειγματοληπτικού σχεδίων για μεταβαλλόμενο πρώτο όριο απόρριψης.....	82
Σχήμα 3.14. Χαρακτηριστική καμπύλη διπλών δειγματοληπτικού σχεδίων για σταθερό λόγο μεγέθους πρώτου δείγματος και πρώτου ορίου αποδοχής.....	83
Σχήμα 3.15. Μέσο μέγεθος δείγματος διπλών δειγματοληπτικού σχεδίων για σταθερό λόγο μεγέθους πρώτου δείγματος και πρώτου ορίου αποδοχής.....	83
Σχήμα 3.16. Χαρακτηριστική καμπύλη διπλών δειγματοληπτικού σχεδίων για σταθερό λόγο μεγέθους δεύτερου δείγματος και δεύτερου ορίου αποδοχής.....	84
Σχήμα 3.17. Μέσο μέγεθος δείγματος διπλών δειγματοληπτικού σχεδίων για σταθερό λόγο μεγέθους δεύτερου δείγματος και δεύτερου ορίου αποδοχής.....	85

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η δειγματοληψία αποδοχής αποτέλεσε διαχρονικά μία από τις σημαντικότερες μεθόδους ελέγχου των εισερχομένων υλών, των ετοιμών προϊόντων και των ημικατεργασμένων τεμαχίων προκειμένου να αξιολογηθούν οι προμηθευτές ή να αποφευχθεί ότι ελαττωματικά προϊόντα θα συνεχίσουν στη γραμμή παραγωγής. Από τότε που εμφανίστηκε η ανάγκη ύπαρξης μιας μεθόδου που θα ελέγχει γρήγορα και αποτελεσματικά μια παρτίδα έχει παρατηρηθεί μια αλματώδης ανάπτυξη της τεχνολογίας που είχε ανάλογες επιπτώσεις και στην εφαρμογή της δειγματοληψίας αποδοχής. Όταν την περίοδο του Β΄ παγκοσμίου πολέμου, υιοθετήθηκαν για πρώτη φορά από τις ένοπλες δυνάμεις των Η.Π.Α. οι πίνακες του Dodge και Romig (Dodge, Romig, 1959), προκειμένου να ελεγχθούν οι σφαίρες των όπλων έτσι ώστε να μην απαιτείται 100% έλεγχος (γιατί τότε οι σφαίρες δε θα έφταναν στο μέτωπο την κατάλληλη στιγμή) αλλά και να αποφευχθεί ο μηδενικός έλεγχος (για λόγους ασφαλείας), κανείς δεν φανταζόταν την απήχηση που θα είχαν τα δειγματοληπτικά σχέδια.

Βέβαια από τότε έχει περάσει αρκετός καιρός και η χρήση της δειγματοληψίας αποδοχής άρχισε να δέχεται σοβαρές κριτικές, να αμφισβητείται και τελικά να υπάρχει μία εσφαλμένη άποψη για την ολοκληρωτική εγκατάλειψή της. Είναι αλήθεια πως η μέθοδος αυτή παρουσιάζει σοβαρά μειονεκτήματα και δεν είναι παντού εφαρμόσιμη, αλλά αυτό δεν σημαίνει πως πρέπει να εγκαταλειφθεί. Αυτό που πρέπει να γίνει είναι να συνδυαστεί κατάλληλα με τις διάσημες πλέον τεχνικές του στατιστικού ελέγχου σε ένα γενικότερο πλαίσιο διασφάλισης της ποιότητας. Ακόμα και σε ένα σύγχρονο, ανταγωνιστικό περιβάλλον όπου πολλοί θεωρούν την ύπαρξη ελαττωματικών μη ανεκτή, η θέση της μεθόδου είναι εγγυημένη και σαφής. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου η χρησιμοποίηση της δειγματοληψίας αποδοχής μπορεί να φέρει σημαντικά οφέλη και σε αυτές τις περιπτώσεις δεν θα πρέπει να αγνοείται και να αποφεύγεται μεροληπτικά.

ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΑ

Μέγεθος	Σύμβολο	Ορισμός
Μέγεθος παρτίδας	N	Ο αριθμός των μονάδων στην παρτίδα
Μέγεθος δείγματος	n	Ο αριθμός των μονάδων στο δείγμα
Ποσοστό ελαττωματικών	p	Το ποσοστό των ελαττωματικών μονάδων στην παρτίδα
Πιθανότητα αποδοχής	P_{α}	Η πιθανότητα μιας παρτίδας να γίνει αποδεκτή μετά από τον έλεγχο
Χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας	Καμπύλη OC	Η καμπύλη που παριστάνει τη σχέση μεταξύ της πιθανότητας αποδοχής και του ποσοστού των ελαττωματικών
Όριο αποδοχής	A_c ή c	Ο μέγιστος αριθμός ελαττωματικών στο δείγμα (ή στα δείγματα) υπό έλεγχο που επιτρέπει την αποδοχή της παρτίδας
Όριο απόρριψης	R_e	Ο ελάχιστος αριθμός ελαττωματικών στο δείγμα (ή στα δείγματα) υπό έλεγχο που υποβάλλει σε απόρριψη την παρτίδα
Αποδεκτό επίπεδο ποιότητας	AQL	Το μέγιστο ποσοστό ελαττωματικών που μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητικό ως η μέση τιμή μιας διεργασίας, ή το ποσοστό των ελαττωματικών του οποίου η πιθανότητα απόρριψης ορίζεται με α
Ρίσκο του παραγωγού	α	Η πιθανότητα απόρριψης μιας παρτίδας για συγκεκριμένο επίπεδο ποιότητας της παρτίδας (συνήθως το AQL)
Ανεκτό ποσοστό ελαττωματικών παρτίδας	LTPD	Το ποσοστό ελαττωματικών του οποίου η πιθανότητα αποδοχής ορίζεται με β
Ρίσκο του καταναλωτή	β	Η πιθανότητα αποδοχής μιας παρτίδας για συγκεκριμένο επίπεδο ποιότητας (συνήθως το LTPD)
Μέση εξερχόμενη ποιότητα	AOQ	Το μέσο επίπεδο ποιότητας του εξερχόμενου προϊόντος μετά από 100% έλεγχο των απορριφθέντων παρτίδων και αντικατάσταση των ελαττωματικών με μη ελαττωματικά προϊόντα
Μέσο επίπεδο εξερχόμενης ποιότητας	AOQL	Η μέγιστη μέση εξερχόμενη ποιότητα ενός δειγματοληπτικού σχεδίου
Αδιάφορο (νεκρό) επίπεδο ποιότητας	$P_{0.50}$	Το ποσοστό ελαττωματικών του οποίου η πιθανότητα αποδοχής είναι 50%
Μέσο μέγεθος δείγματος	ASN	Ο μέσος αριθμός μονάδων που ελέγχεται ανά παρτίδα πριν ληφθεί η απόφαση αποδοχής ή απόρριψης
Μέσος συνολικό μέγεθος ελέγχου	ATI	Ο μέσος αριθμός μονάδων που ελέγχθηκαν ανά παρτίδα συμπεριλαμβανομένων και αυτές στις παρτίδες που απορρίφθηκαν (εφαρμόζεται όταν απαιτείται 100% έλεγχος των παρτίδων που απορρίφθηκαν)

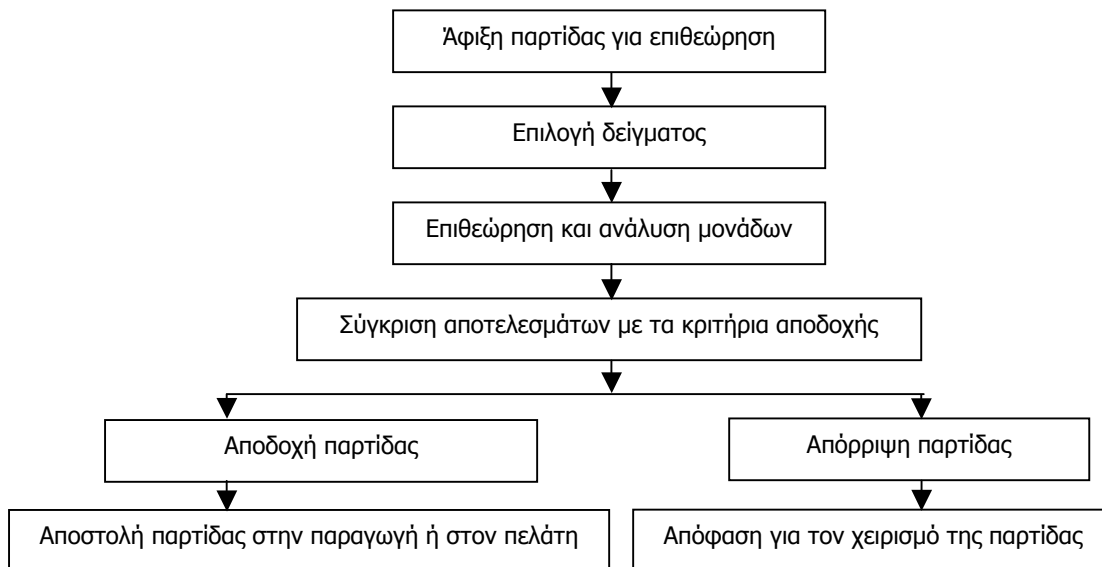
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγικά στοιχεία για τη δειγματοληψία αποδοχής

Στο εισαγωγικό κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται ορισμένα βασικά εισαγωγικά σημεία της θεωρίας της δειγματοληψίας αποδοχής. Αρχικά αναφέρουμε τον ορισμό της δειγματοληψίας αποδοχής, τις περιοχές που βρίσκει εφαρμογή καθώς και τα σημεία που συνηγορούν υπέρ αλλά και κατά της εφαρμογής της. Επίσης γίνεται αναφορά στα ρίσκα που συνοδεύουν την εφαρμογή της αλλά σε θέματα που αφορούν τα καθορισμένα δειγματοληπτικά σχέδια. Τέλος επιχειρείται να αναλυθεί η σχέση της δειγματοληψίας αποδοχής σε ένα περιβάλλον Ολικής Ποιότητας.

1.1 Τι είναι η δειγματοληψία αποδοχής

Δειγματοληψία αποδοχής είναι η διαδικασία αξιολόγησης ενός ποσοστού της παρτίδας ενός προϊόντος προκειμένου να κριθεί αποδεκτή ή απορριπτέα ολόκληρη η παρτίδα σε σχέση με το αν ανταποκρίνεται σε κάποιο ποιοτικό χαρακτηριστικό (Juran, Gryna, 1993). Η μερική αυτή αξιολόγηση είναι δυνατή καθώς η μεταβλητότητα της παραγωγικής διαδικασίας ακολουθεί τους ίδιους κανόνες για όλες τις μονάδες που έχουν προκύψει από την ίδια πηγή. Άρα ότι ποιοτικά χαρακτηριστικά σε γενικές γραμμές ισχύουν για την παρτίδα τα ίδια θα ισχύουν και για ένα μέρος αυτής (Feigenbaum, 1951). Κατά έναν άλλο ορισμό η δειγματοληψία αποδοχής είναι η επιθεώρηση του δείγματος κατά την οποία η απόφαση έχει να κάνει με το αν το προϊόν ή η υπηρεσία θα γίνει αποδεκτό ή θα απορριφθεί καθώς και η μεθοδολογία που ασχολείται με διαδικασίες κατά τις οποίες η απόφαση για την αποδοχή ή όχι της βασίζονται στα αποτελέσματα του ελέγχου των δειγμάτων (Feigenbaum, 1991).

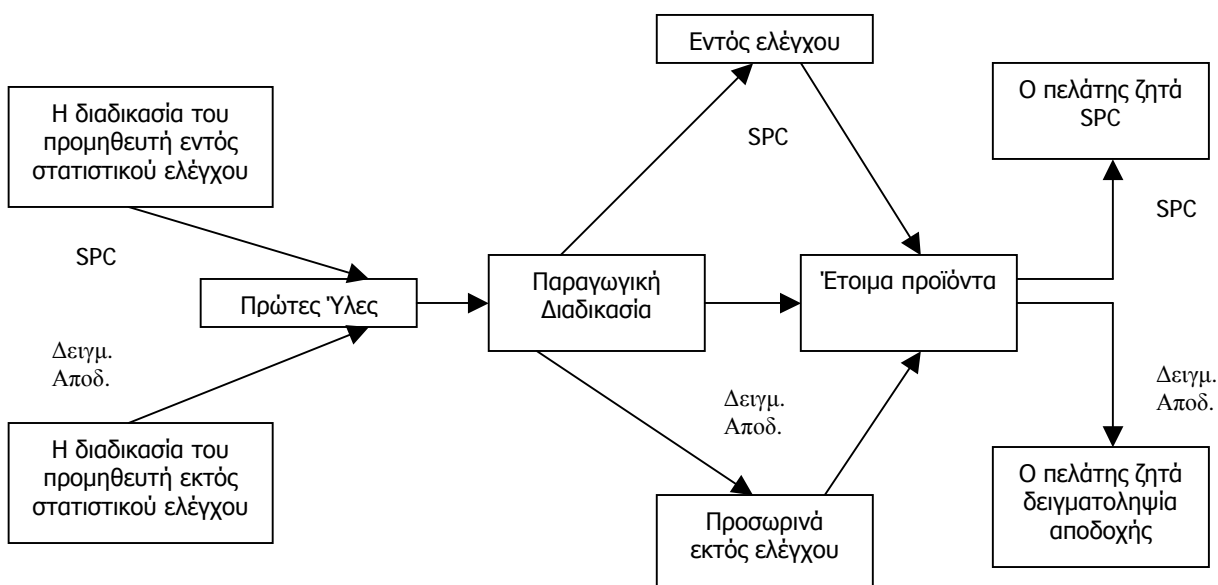
Σχηματικά η διαδικασία της δειγματοληψίας αποδοχής φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Η διαδικασία ξεκινά με την άφιξη της παρτίδας για την επιθεώρηση του, συνεχίζεται με τη λήψη και εξέταση του δείγματος και τερματίζεται με τη σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα κριτήρια αποδοχής και τη λήψη της απόφασης για την τύχη της παρτίδας (Evans, Lindsay, 1999).



Σχήμα 1.1. Διαδικασία δειγματοληψίας αποδοχής (Evans, Lindsay, 1999, σελ.579, σχ. 579)

1.2. Που χρησιμοποιείται η δειγματοληψία αποδοχής

Η προφανής περιοχή χρησιμοποίησης της δειγματοληψίας αποδοχής είναι στον έλεγχο των προμηθειών πρώτων υλών και εξαρτημάτων από εξωτερικούς προμηθευτές. Βέβαια οι προμηθευτές μπορεί να είναι και άλλα τμήματα της ίδιας επιχείρησης, οπότε το ένα τμήμα λαμβάνεται ως είσοδος ή έξοδος ενός άλλου. Σχηματικά οι παραπάνω χρήσεις φαίνονται στο παρακάτω σχήμα (Sower, Savoie, Renick, 1999). Στο σχήμα αυτό φαίνεται όχι μόνο πως εμπλέκεται η δειγματοληψία αποδοχής στα θέματα ελέγχου των πρώτων υλών και των ημικατεργασμένων και ετοιμών προϊόντων, αλλά και πως συνδέεται με το στατιστικό έλεγχο διεργασιών.



Σχήμα 1.2. Σχέση της δειγματοληψίας αποδοχής και του στατιστικού ελέγχου διεργασιών (Sower, Savoie, Renick, 1999, σελ. 78, σχ. 5.1)

Συνοπτικά η δειγματοληψία αποδοχής χρησιμοποιείται όταν (Juran, Gryna, 1993;Montgomery, 1997):

- Το κόστος επιθεώρησης είναι υψηλό σε σχέση με το κόστος της ζημίας αν δεν ανιχνευθεί ένα ελαττωματικό προϊόν
- Ο 100% έλεγχος είναι μονότονος και προκαλεί σφάλματα ελέγχου
- Ο 100% έλεγχος είναι εξαιρετικά ακριβός
- Ο 100% έλεγχος είναι τεχνολογικά αδύνατος ή έχει υπερβολικές απαιτήσεις σε χρόνο
- Πρέπει να ελεγχθούν πολλά αντικείμενα και ο ρυθμός εμφάνισης σφαλμάτων κατά τον 100% έλεγχο μπορεί να προκαλέσει την αποδοχή περισσότερων ελαττωματικών προϊόντων
- Το ιστορικό ποιότητας του προμηθευτή είναι πολύ καλό αλλά όχι τόσο ώστε να εμπιστευθούμε το μηδενικό έλεγχο
- Υπάρχουν σοβαροί πιθανοί κίνδυνοι για την αξιοπιστία του προϊόντος και απαιτείται ένα πρόγραμμα για τη συνεχή παρακολούθηση του προϊόντος
- Ο έλεγχος είναι καταστροφικός.

Επίσης αξίζει να αναφέρουμε για ποιο σκοπό δεν χρησιμοποιείται η δειγματοληψία αποδοχής (Juran, Gryna, 1993):

- Δεν παρέχει εκτιμήσεις για την ποιότητα της παρτίδας
- Δεν παρέχει εκτιμήσεις για το πώς θα διατεθούν τα απορριφθέντα τεμάχια
- Δεν παρέχει καμία άμεση μορφή ποιοτικού ελέγχου. Ακόμα και αν όλες οι παρτίδες είναι της ίδιας ποιότητας, η δειγματοληψία θα κρίνει κάποιες από αυτές ως αποδεκτές και κάποιες απορριπτέες. Ο έλεγχος των διεργασιών χρησιμοποιείται για να ελέγχει και να βελτιώνει την ποιότητα, όχι όμως και η δειγματοληψία αποδοχής
- Δεν εξετάζει την ποιότητα στο προϊόν αλλά ως εργαλείο ελέγχου εξασφαλίζει ότι το αποτέλεσμα μιας διεργασίας ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές.

Επιπλέον η δειγματοληψία αποδοχής, ως προσωρινό μέτρο ελέγχου ποιότητας μπορεί να έχει καθοριστικό ρόλο (Evans, Lindsay, 1999). Παρατηρείται γενικά ότι επιχειρήσεις με σχετικά μικρό παρελθόν σε θέματα ποιότητας, βασίζονται πολλές από τις διεργασίες τους στη δειγματοληψία αποδοχής. Καθώς όμως ωριμάζουν και το επίπεδο ποιότητας αναπτύσσεται, εξαρτώνται όλο και λιγότερο από τη δειγματοληψία αποδοχής δίνοντας χώρο στο στατιστικό ποιοτικό έλεγχο (Montgomery, 1997).

Αξίζει σε αυτό το σημείο να αναφέρουμε πως ο σκοπός για τον οποίο χρησιμοποιείται η δειγματοληψία αποδοχής μεταβάλλεται κατά περίπτωση τόσο για τον παραγωγό όσο και για τον καταναλωτή (Wetherill, Chiu, 1975). Για τον παραγωγό κάποιοι από τους πιθανούς λόγους εφαρμογής της δειγματοληψίας αποδοχής είναι:

- Να ικανοποιήσει κάποιες απαιτήσεις προτύπων.
- Να αξιολογήσει τις προς πώληση παρτίδες.
- Να εμποδίσει τις ελαττωματικές παρτίδες από το να φτάσουν στους καταναλωτές.
- Να μειώσει το κόστος.

Ομοίως κάποια από τα κίνητρα που έχει ο καταναλωτής για να χρησιμοποιήσει τη δειγματοληψία αποδοχής είναι:

- Να επιβεβαιώσει ότι τα προϊόντα που παρέλαβε ικανοποιούν τα πρότυπα.
- Να εμποδίσει τις ελαττωματικές παρτίδες να προχωρήσουν στο επόμενο στάδιο της παραγωγής.
- Να αξιολογήσει τις παρτίδες για διαφορετική χρήση και για διαφορετική τιμολόγηση.
- Να παρέχει ένα κίνητρο στον παραγωγό για να βελτιώσει την ποιότητα των προϊόντων που παράγει.

Τέλος υπάρχουν ορισμένες συνθήκες οι οποίες πρέπει να ισχύουν πριν να εφαρμοστεί η δειγματοληψία αποδοχής (Dobler, Burt, Lee, 1995):

- Δε θα πρέπει να επιζητείται η καθολική ανίχνευση των ελαττωματικών τεμαχίων. Πάντα υπάρχει ένα σφάλμα δειγματοληψίας, ενώ σκοπός είναι η θεσμοθέτηση ενός συστήματος που εξασφαλίζει μακροπρόθεσμα ένα αποδεκτό επίπεδο ποιότητας.
- Όλα τα τεμάχια μιας παρτίδας θα πρέπει να παράγονται κάτω από τις ίδιες ή από σχεδόν τις ίδιες συνθήκες.
- Τα τεμάχια μιας παρτίδας θα πρέπει να τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο σε αυτή ώστε να είναι εύκολη η εκλογή τυχαίου δείγματος. Ως τυχαίο δείγμα εννοείται αυτό που κάθε μονάδα έχει την ίδια πιθανότητα να επιλεγεί από την παρτίδα.
- Το ποιοτικό χαρακτηριστικό που μετρείται θα πρέπει εύκολα να χαρακτηρίζεται ως ελαττωματικό ή μη.
- Τέλος, η δειγματοληψία αποδοχής έχει νόημα από άποψη κόστους μόνο όταν οι παρτίδες είναι σχετικά μεγάλου μεγέθους.

1.3 Τα πλεονεκτήματα της δειγματοληψίας αποδοχής

Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρήση της δειγματοληψίας αποδοχής είναι αρκετά σημαντικά. Παρακάτω παρουσιάζονται τα σημαντικότερα από αυτά (Juran, Gryna, 1970; Juran, Gryna, Bingham, 1974; Evans, Lindsay, 1999):

- Παρόλο που υπάρχει ένα επιπλέον κόστος σχεδίασης και λειτουργίας των σχεδίων, ελέγχοντας μόνο ένα μέρος των προϊόντων, το συνολικό κόστος είναι σαφώς μικρότερο.
- Υπάρχει απαίτηση για λιγότερο προσωπικό ελέγχου το οποίο οδηγεί ομοίως σε μείωση του κόστους.
- Υπάρχει μικρότερος κίνδυνος πρόκλησης ζημιάς στο προϊόν καθώς δεν ελέγχονται πλέον όλες οι μονάδες.
- Ο χειρισμός της παρτίδας γίνεται πιο γρήγορα και έτσι οι χρόνοι εκπλήρωσης εντολών μειώνονται.
- Το πρόβλημα της μονοτονίας και των σφαλμάτων ελέγχου μειώνονται σημαντικά.

- Η απόρριψη ολόκληρης της παρτίδας αντί για τη διαλογή των μη ελαττωματικών μονάδων, ωθεί την επιχείρηση να βρει μέτρα πρόληψης για την ποιότητα του προϊόντος.
- Ο σωστός σχεδιασμός του δειγματοληπτικού σχεδίου απαιτεί τον ενδελεχή έλεγχο της διεργασίας και του απαιτούμενου επιπέδου ποιότητας. Η γνώση αυτή είναι μια σημαντική παράμετρος για το συνολικό σχεδιασμό της στρατηγικής ποιότητας.
- Εφαρμόζεται σε καταστροφικούς ελέγχους.
- Παρέχει ευελιξία, καθώς το μέγεθος του ελέγχου καθορίζεται από το ιστορικό ποιότητας του προμηθευτή.

1.4 Τα μειονεκτήματα της δειγματοληψίας αποδοχής

Παρά τα σημαντικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η δειγματοληψία αποδοχής, υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα που σχετίζονται με την εφαρμογή της και παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω (Juran, Gryna, Bingham, 1974):

- Υπάρχουν ρίσκα αποδοχής ελαττωματικών παρτίδων και απόρριψης μη ελαττωματικών.
- Υπάρχει πρόσθετος σχεδιασμός και διαχείριση εγγράφων.
- Το δείγμα συνήθως παρέχει λιγότερη πληροφορία από ότι το σύνολο του πληθυσμού.

1.5 Η σχέση της δειγματοληψίας αποδοχής με τον 100% έλεγχο

Κατά τη δειγματοληψία των πρώτων υλών ή των εξαρτημάτων χρησιμοποιούνται κυρίως δύο τρόποι, είτε 100% έλεγχος, είτε δειγματοληπτικός έλεγχος. Συγκρίνοντας τις δύο μεθόδους, η πρώτη παρουσιάζει το προφανές πλεονέκτημα ότι μόνο μέσω της καθολικής εξέτασης των μονάδων μπορεί να εξασφαλιστεί ότι όλα τα ελαττωματικά στοιχεία έχουν απομακρυνθεί από την παρτίδα. Αυτό όμως δε σημαίνει ότι ο 100% έλεγχος υπερτερεί γενικότερα της δειγματοληψίας αποδοχής, αλλά αντίθετα υπάρχουν σημεία όπου τον καθιστούν μη προτιμητέο. Η αρχή της αμφισβήτησης του 100% ελέγχου είχε γίνει από τους Dodge και Romig στα εργαστήρια της Bell, όπου διαπίστωσαν ότι ο έλεγχος αυτός δεν είναι αποδοτικός στο να ξεχωρίζει τα ελαττωματικά από τα μη ελαττωματικά προϊόντα (Bounds, Yorks, Adams, Ranney, 1999). Τα σημεία υστέρησης του 100% ελέγχου παρουσιάζονται παρακάτω (Feigenbaum, 1951):

- Είναι ακριβός καθώς όλες οι μονάδες πρέπει να ελεγχθούν.

- Μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένη ερμηνεία του όρου “100% έλεγχος”, πραγματοποιώντας έλεγχο σε ορισμένα χαρακτηριστικά του προϊόντος ιδίως αν γίνεται από άτομα μη εξειδικευμένα.
- Περιλαμβάνει διαλογή των τεμαχίων και άρα δεν μπορεί να θεωρηθεί ως μέτρο πρόληψης αλλά ως πράξη καταστολής κάτι που δε συμβαδίζει με τη σύγχρονη θεωρία ποιοτικού ελέγχου και σίγουρα με την ολική ποιότητα.
- Μπορεί να οδηγήσει στην μη ανίχνευση όλων των ελαττωματικών μονάδων. Συγκεκριμένα όταν το ποσοστό των ελαττωματικών είναι χαμηλό, η μονοτονία της επαναλαμβανόμενης εργασίας ελέγχου μπορεί να οδηγήσει στην αυτόματη αποδοχή κάποιων ελαττωματικών μονάδων. Επίσης, όταν το ποσοστό των ελαττωματικών είναι υψηλό, η εσφαλμένη χρήση των συσκευών ελέγχου ή η απροσεξία μπορεί να οδηγήσει σε αποδοχή μεγάλου αριθμού ελαττωματικών. Σύμφωνα με έρευνες, (Charbonneau, Webster, 1978), ακόμα και ο 300% έλεγχος έχει 97% αποδοτικότητα.
- Μπορεί να οδηγήσει στην εσφαλμένη απόρριψη κάποιων μη ελαττωματικών μονάδων από τον υπερβολικό ζήλο των επιθεωρητών να επιδείξουν την αυστηρότητά τους στους προϊσταμένους τους.
- Μπορεί να μην είναι εφικτός ειδικά σε περιπτώσεις καταστροφικού ελέγχου.

1.6 Θέματα κόστους της δειγματοληψίας αποδοχής

Όσον αφορά τα θέματα κόστους αξίζει να αναφερθούμε με μεγαλύτερη λεπτομέρεια. Αν υπάρχουν N μονάδες στην παρτίδα, n στο δείγμα, p είναι το ποσοστό των ελαττωματικών στην παρτίδα, A το κόστος της ζημιάς αν ένα ελαττωματικό δεν ανιχνευθεί, I το κόστος ελέγχου κατά μονάδα, P_α η πιθανότητα να γίνει αποδεκτή η παρτίδα και υποθεθεί ότι δεν γίνονται σφάλματα ελέγχου, τότε τα συνολικά κόστη για τις περιπτώσεις μηδενικού ελέγχου, δειγματοληπτικού ελέγχου και 100% ελέγχου δίνονται στον παρακάτω πίνακα (Juran, Gryna, 1993).

Πίνακας 1.1. Συνολικά κόστη για τρεις μεθόδους δειγματοληψίας(Juran, Gryna, 1970, σελ. 337).

Μέθοδος Δειγματοληψίας	Συνολικό Κόστος
Μηδενικός Έλεγχος	NpA
Δειγματοληψία	$nI + (N-n)pA$
100% Έλεγχος	NI

Τα κόστη αυτά αντιπροσωπεύουν τόσο το κόστος ελέγχου όσο και το κόστος από μια πιθανή μη αναγνώριση ενός ελαττωματικού προϊόντος. Σε βιομηχανικές εφαρμογές όπου χρησιμοποιείται το πρότυπο MIL-STD-105D “νεκρού σημείου” (N.Σ.), το N.Σ. ορίζεται ως το επί τοις εκατό ποσοστό του κόστους ανίχνευσης ελαττωματικών τεμαχίων με επιθεώρηση και του κόστους επανόρθωσης όταν ελαττωματικές μονάδες δεν ανιχνεύονται ($P_b = I/A$) (Feigenbaum, 1991). Από τη στιγμή που θα υπολογιστεί το N.Σ. υπάρχουν τέσσερις περιπτώσεις:

- Αν το ποσοστό ελαττωματικών είναι πολύ κοντά στο N.Σ., τότε η δειγματοληψία μπορεί να θεωρηθεί ως η οικονομικότερη λύση.
- Αν το ποσοστό των ελαττωματικών είναι λίγο μεγαλύτερο από το N.Σ., τότε ο 100% έλεγχος θα πρέπει να προτιμηθεί.
- Αν το ποσοστό των ελαττωματικών είναι σημαντικά χαμηλότερο από το N.Σ. αλλά μεταβαλλόμενο, τότε η δειγματοληψία προτείνεται καθαρά για λόγους πρόληψης.
- Αν το ποσοστό των ελαττωματικών είναι σημαντικά χαμηλότερο από το N.Σ. αλλά σταθερό, τότε θα μπορούσε να μη γίνει καθόλου έλεγχος.

Άρα η δειγματοληψία αποδοχής είναι μία μέση οδός μεταξύ μηδενικού και ολοκληρωτικού ελέγχου και καθώς νέες πληροφορίες γίνονται διαθέσιμες από την παραγωγή και τον έλεγχο του προϊόντος, υπάρχει η δυνατότητα μετακίνησης προς τα δύο αυτά άκρα.

1.7 Το ρίσκο που συνδέεται με τη δειγματοληψία αποδοχής

Καθώς η θεωρία της δειγματοληψίας αποδοχής προβλέπει την εξέταση ενός μέρους μόνο του δείγματος, δεν υπάρχει εξασφάλιση ότι δεν θα γίνουν στατιστικά λάθη, δηλαδή η εγκυρότητα της μεθόδου δεν είναι εξασφαλισμένη. Η δειγματοληψία όπως και ένα τυχαίο παίγνιο περιλαμβάνει τον παράγοντα

τύχη και άρα η ευθύτητα της μεθόδου ελέγχεται μόνο από τη χρήση των πιθανοτήτων κατά την ανάπτυξη του σχεδίου (Dobler, Burt, Lee, 1995).

Τα ρίσκα που συνδέονται με την επιθεώρηση ενός μόνο μέρους της παρτίδας είναι δύο ειδών και συνδέονται με την κρίση της παρτίδας:

- I. Μία μη ελαττωματική παρτίδα μπορεί να κριθεί ως ελαττωματική και να απορριφθεί (ρίσκο τύπου I ή ρίσκο του παραγωγού).
- II. Μία ελαττωματική παρτίδα μπορεί να κριθεί ως μη ελαττωματική και να γίνει αποδεκτή (ρίσκο τύπου II ή ρίσκο του καταναλωτή).

Βέβαια ο σύγχρονος σχεδιασμός των δειγματοληπτικών σχεδίων λαμβάνει υπ' όψιν του τα ρίσκα αυτά και τροποποιεί τα σχέδια ώστε να υπάρχει μια σχετική ισορροπία μεταξύ των ρίσκων και του κόστους της δειγματοληψίας (Juran, Gryna, 1970). Αυτό βέβαια έγινε για να μετριάσει τις σημαντικές συνέπειες που έχει η εσφαλμένη κρίση μιας παρτίδας και να προφυλάξει τα συμφέροντα τόσο των παραγωγών αλλά και των καταναλωτών. Επισημαίνουμε για ακόμη μία φορά ότι σε κάθε περίπτωση θα υπάρχει μία διακινδύνευση ώστε μία “καλή” παρτίδα να απορριφθεί και μία ελαττωματική να γίνει αποδεκτή. Αυτό που μπορεί να μας προσφέρει ο καλύτερος σχεδιασμός των σχεδίων είναι η διασφάλιση ότι η πιθανότητα αποδοχής “καλών” παρτίδων είναι μεγαλύτερη από την πιθανότητα αποδοχής ελαττωματικών παρτίδων. Η ποσοτικοποίηση των ρίσκων γίνεται με τη σχεδίαση και χρήση της χαρακτηριστικής καμπύλης ενός δειγματοληπτικού σχεδίου. Η καμπύλη αυτή παριστάνει την πιθανότητα αποδοχής από το συγκεκριμένο σχέδιο μιας παρτίδας σε σχέση με το ποσοστό των ελαττωματικών που επικρατεί στην παρτίδα αυτή. Η χαρακτηριστική καμπύλη δεν προβλέπει την ποιότητα των εισερχομένων παρτίδων αλλά εκφράζει την πιθανότητα που έχει μια παρτίδα με καθορισμένο ποσοστό ελαττωματικών να γίνει αποδεκτή. Επίσης με το χειρισμό των σχεδίων συνδέεται και η έννοια του AQL (Average Quality Level) που είναι το μέγιστο ποσοστό ελαττωματικών που μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητικό ως μέση τιμή μιας διαδικασίας. Γενικά πάντως ένα δειγματοληπτικό σχέδιο θα πρέπει να δίνει μικρή τιμή ρίσκου καταναλωτή για επίπεδο ποιότητας μικρότερο ή ίσο με το AQL. Ομοίως υπάρχει η έννοια του LTPD (Lot Tolerance Percent Defective) που είναι το

επίπεδο ελαττωματικών πέραν του οποίου η παρτίδα θα πρέπει να απορρίπτεται από κάθε σχέδιο. Οι δύο αυτές παράμετροι χρησιμοποιούνται στη δημιουργία ενός δειγματοληπτικού σχεδίου ως είσοδοι συνοδευόμενες από τις επιθυμητές τιμές των ρίσκων.

Παράλληλα, τα ρίσκα αυτά μπορούν να κρατηθούν σε χαμηλές τιμές αν στην διαδικασία λήψης απόφασης για την τύχη της παρτίδας συμπεριληφθεί και το ιστορικό ποιότητας του προμηθευτή (Charbonneau, 1978). Σε κάθε περίπτωση πάντως είναι προφανές ότι οι τιμές των ρίσκων δεν είναι σταθερές αλλά αυξάνονται καθώς αυξάνεται το μέγεθος του δείγματος. Χρησιμοποιώντας καθορισμένα και επίσημα σχέδια τα ρίσκα αυτά μπορούν να εκτιμηθούν εκ των προτέρων σε αντίθεση με τη χρήση τυχαίων σχεδίων. Η τελευταία παρατήρηση σε συνδυασμό με το γεγονός της ύπαρξης πληθώρας περιπτώσεων εξηγεί την ύπαρξη πινάκων που οδηγούν σε καθορισμένα δειγματοληπτικά σχέδια.

1.8 Πώς επιλέγεται ένα σχέδιο

Πριν επιλέξουμε ένα σχέδιο υπάρχουν ορισμένες ερωτήσεις στις οποίες θα πρέπει να δώσουμε μια σαφή απάντηση (Charbonneau, Webster, 1978):

1. Μήπως είναι απαραίτητος 100% έλεγχος;
2. Τι ποσοστό ελαττωματικών μονάδων θεωρείται ανεκτό;
3. Οι παρτίδες που απαρτίζουν τον πληθυσμό έχουν προκύψει από τις ίδιες ή παρόμοιες συνθήκες;
4. Θα χρησιμοποιηθεί δειγματοληψία μεταβλητών ή ιδιοτήτων; Αυτό που θα πρέπει να έχουμε υπ' όψιν μας είναι ότι:
 - a. Η δειγματοληψία ιδιοτήτων απαιτεί μεγαλύτερο μέγεθος δείγματος ενώ η δειγματοληψία μεταβλητών χρησιμοποιείται περισσότερο σε περιπτώσεις ακριβού ή καταστροφικού ελέγχου.
 - b. Η δειγματοληψία μεταβλητών περιλαμβάνει μετρήσεις και άρα είναι υπολογιστικά πιο σύνθετη και πιθανώς πιο ακριβή.
 - c. Η δειγματοληψία ιδιοτήτων απαιτεί λιγότερη εκπαίδευση του προσωπικού.

- d. Το αποτέλεσμα της δειγματοληψίας μεταβλητών μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως μέθοδος πρόγνωσης των προβλημάτων της παραγωγής.

Η επιλογή ενός δειγματοληπτικού σχεδίου μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους αρκεί να ικανοποιούνται οι κάθε είδους περιορισμοί και απαιτήσεις που έχουμε. Κάποιοι από τους συνήθως χρησιμοποιούμενους τρόπους παρουσιάζονται παρακάτω (Feigenbaum, 1991; Wetherill, 1977; Δαμιανός, 1996):

- Χρησιμοποιώντας τα στρατιωτικά και τα συγγενή τους πρότυπα και επιλέγοντας σχέδιο με βάση την επιθυμητή τιμή του AQL και το μέγεθος της παρτίδας ή του δείγματος (βλ. Κεφάλαιο 4 για λεπτομέρειες).
- Καθορίζοντας δύο σημεία στην χαρακτηριστική καμπύλη για τα οποία ξέρουμε ή προσεγγίζουμε τις συντεταγμένες τους. Οι εξισώσεις που προκύπτουν από τα σημεία αυτά επιλύονται προκειμένου να μας δώσουν τιμές για τα δύο άγνωστα μεγέθη τα οποία είναι το μέγεθος του δείγματος και το όριο αποδοχής. Συνήθως ως τέτοια σημεία επιλέγονται το ρίσκο του παραγωγού και το ρίσκο του καταναλωτή. Αν η διαδικασία αυτή οδηγήσει σε τόσο μεγάλα μεγέθη σφάλματος που δεν μπορούν να γίνουν ανεκτά, τότε επαναλαμβάνεται με τροποποιημένες τιμές για τα ρίσκα μέχρι να επιτευχθεί ένα λογικό δειγματοληπτικό σχέδιο. Η κριτική που έχει δεχθεί η μέθοδος αυτή αφορά την μη εξάρτηση των σχεδίων από το μέγεθος της παρτίδας εκτός από την περίπτωση όπου οι παρτίδες είναι πολύ μικρές, και χρησιμοποιείται η υπεργεωμετρική κατανομή. Η πιθανότητα λήψης εσφαλμένης απόφασης θα πρέπει να μειώνεται με την αύξηση της παρτίδας. Επίσης, η μέθοδος αυτή παρουσιάζει κάποιες πρακτικές δυσκολίες όσον αφορά την επιλογή των ποσοστών των ελαττωματικών που χαρακτηρίζουν τα δύο επιλεγμένα σημεία.
- Μία ακόμα μέθοδος επιλογής σχεδίου είναι και η μέθοδος των Dodge-Romig. Το χαρακτηριστικό της μεθόδου είναι ότι μία παρτίδα δεν απορρίπτεται αλλά μετά από 100% έλεγχο αντικαθίστανται τα

ελαττωματικά αντικείμενα. Ο στόχος της μεθόδου είναι η ελαχιστοποίηση του μέσου ολικού ελεγχόμενου μεγέθους και τα χαρακτηριστικά μεγέθη της μεθόδου προκύπτουν από πίνακες για το μονό και διπλό σχέδιο.

- Μία ακόμα μέθοδος είναι και η μέθοδος του σημείου ελέγχου. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί το χαρακτηριστικό ποσοστό ελαττωματικών $p_{0.5}$ για το οποίο η παρτίδα έχει ίση πιθανότητα αποδοχής και απόρριψης. Μαζί με το ποσοστό αυτό χρησιμοποιείται και το ρίσκο του παραγωγού για την επιλογή του σχεδίου.

Σε κάθε περίπτωση πάντως η επιλογή ενός σχεδίου θα πρέπει να περιλαμβάνει στη λήψη της απόφασης παραμέτρους όπως η λειτουργικότητά του, το μέσο μέγεθος επιθεώρησης, η ανάγκη εκπαίδευσης του προσωπικού και προφανώς οι τεχνικές λεπτομέρειες που συζητήθηκαν προηγουμένως. Επίσης, σημαντικό ρόλο παίζει και το ιστορικό ποιότητας του προμηθευτή. Έτσι, αν ένας προμηθευτής έχει καλό ιστορικό ποιότητας και αυτό συνεχίζεται στην πορεία, υπάρχει η δυνατότητα κάτω από συγκεκριμένες προϋποθέσεις της χαλάρωσης της αυστηρότητας ενός σχεδίου ή αντίθετα της αύξησης της αυστηρότητας όταν διακόπτεται η καλή πορεία του (Montgomery, 1997).

Σε σχέση πάντως με το μέγεθος του δείγματος που εξετάζεται και με το ποσοστό της επιθεώρησης γενικότερα υπάρχει η επιλογή ανάμεσα στο μονό, στο διπλό και στο πολλαπλό δειγματοληπτικό σχέδιο. Η επιλογή από αυτές τις δυνατότητες θα πρέπει να γίνεται με βάση τους παρακάτω παράγοντες (Juran, Gryna, Bingham, 1974):

- Το επιθυμητό μέγεθος επιθεώρησης.
- Το κόστος λειτουργίας του σχεδίου.
- Την πληροφορία που παρέχει το σχέδιο για την παρτίδα.
- Τη αποδοχή που έχει το σχέδιο από τους παραγωγούς.

Τα χαρακτηριστικά σημεία των τριών αυτών τύπων σχεδίου σε σχέση με τις παραπάνω παραμέτρους δίνονται στον παρακάτω πίνακα (Juran, Gryna, Bingham, 1974).

Πίνακας 1.2. Συγκριτικά στοιχεία για το μονό, διπλό και πολλαπλό δειγματοληπτικό σχέδιο (Juran, Gryna, Bingham, 1974, σελ. 24.6, πιν. 24.1).

Χαρακτηριστικό	Μονό σχέδιο	Διπλό σχέδιο	Πολλαπλό σχέδιο
Μέγεθος δείγματος ανά παρτίδα	Γενικά μέγιστο	Συνήθως 10 έως 50% του μονού σχεδίου	Συνήθως μικρότερο του διπλού κατά περίπου 30% Μέγιστο
Κόστος λειτουργίας	Χαμηλότερο	Υψηλότερο του μονού	Μέγιστο
Πληροφορία που προκύπτει για την παρτίδα	Μέγιστη	Λιγότερη από το μονό	Ελάχιστη
Αποδοχή από τους παραγωγούς	Χαμηλότερη καθώς δεν δίνει δεύτερη ευκαιρία στο δείγμα	Ικανοποιητική	Ελάχιστη καθώς δεν οδηγεί σε αποφάσεις

Τα ακολουθιακά (sequential) δειγματοληπτικά σχέδια είναι μια άλλη μορφή σχεδίων και μπορούν να θεωρηθούν ως επέκταση των διπλών και πολλαπλών. Η λειτουργία τους βασίζεται στη διαδοχική λήψη δειγμάτων από την παρτίδα, ενώ ο συνολικός αριθμός δειγμάτων που συμμετέχει στη διαδικασία εξαρτάται από τα αποτελέσματα της δειγματοληψίας. Αυτό σημαίνει ότι το ακολουθιακό σχέδιο μπορεί να συνεχιστεί ώσπου να εξεταστούν όλες οι μονάδες της παρτίδας. Πρακτικά όμως η δειγματοληψία με αυτόν τον τρόπο τερματίζεται όταν ο αριθμός εξεταζόμενων αντικειμένων είναι τριπλάσιος από τον αντίστοιχο του απλού δειγματοληπτικού σχεδίου.

Ένα τέτοιο σχέδιο θα μπορούσε να παρασταθεί γραφικά αν στον οριζόντιο άξονα παρασταθεί ο συνολικός αριθμός μονάδων που ελέγχονται και στον κατακόρυφο ο αριθμός ελαττωματικών που ανιχνεύονται. Έτσι κάθε ελεγχόμενο αντικείμενο παίρνει τη θέση του στο διάγραμμα και καθώς η δειγματοληψία συνεχίζεται, δημιουργείται μία τεθλασμένη γραμμή. Η τεθλασμένη γραμμή κινείται προς τα πάνω όταν ανιχνεύεται ένα ελαττωματικό και προς τα δεξιά σε αντίθετη περίπτωση. Παράλληλα, δημιουργούνται δύο κεκλιμένες ευθείες οι οποίες παίζουν τον ρόλο των προδιαγραφών και εξαρτώνται από τα ρίσκα του παραγωγού και καταναλωτή και από τα ποσοστά ελαττωματικών στα σημεία AQL και LTPD. Η απόρριψη επέρχεται όταν η τεθλασμένη γραμμή διασχίσει την πάνω κεκλιμένη, ενώ η παρτίδα γίνεται αποδεκτή όταν η τεθλασμένη διασχίσει την κάτω τεθλασμένη. Τέλος, μεταξύ των δύο κεκλιμένων γραμμών η δειγματοληψία συνεχίζεται (Δαμιανός, 1996).

1.9 Η σχέση της δειγματοληψίας αποδοχής με τη Διοίκηση Ολικής Ποιότητας και η θέση της σήμερα

Η δειγματοληψία αποδοχής έτυχε ευρείας αποδοχής ως χρήσιμη μέθοδος προσέγγισης της ποιότητας σε μια εποχή όπου οι επιχειρήσεις εμφάνιζαν ένα λογικό επίπεδο ανοχής των ελαττωματικών προϊόντων. Σύμφωνα με πολλούς συγγραφείς, το σημερινό ανταγωνιστικό περιβάλλον

δεν είναι αυτό στο οποίο μια τέτοια μέθοδος μπορεί να σταθεί από μόνη της στην αναζήτηση της ποιότητας (Bounds, Yorks, Adams, Ranney, 1999). Η κριτική που ασκείται αφορά στο ότι ουσιαστικά δεν είναι ένας τρόπος επίτευξης της συνεχούς βελτίωσης που πρεσβεύει η Ολική Ποιότητα, καθώς δεν παρακολουθεί τη συμπεριφορά της μεταβλητότητας μιας διαδικασίας ή ενός χαρακτηριστικού. Επίσης, οι επικριτές συχνά αντιπαραθέτουν ως παράδειγμα τις μεθόδους του Shewhart, για να δείξουν τις διαφορές των δύο μεθόδων.

Εξ' άλλου, η έμφαση που δίνεται τον τελευταίο καιρό στο στατιστικό έλεγχο διαδικασιών, ώθησε κάποιους να πιστεύουν ότι η δειγματοληψία αποδοχής δεν έχει πλέον θέση σε ένα σύγχρονο περιβάλλον ποιότητας. Το σκεπτικό τους βασίζεται στην προτίμηση της πρόληψης από τη θεραπεία ως μέθοδο ανταπόκρισης στις προδιαγραφές του προϊόντος. Σε αυτούς που επικρίνουν τη δειγματοληψία αποδοχής ήρθε να προστεθεί και ο Deming παρουσιάζοντας, την άποψη ότι η μέθοδος αυτή “εγγυάται ότι κάποιοι καταναλωτές θα λάβουν ελαττωματικά προϊόντα” (Evans, Lindsay, 1999) . Αυτό που πρέπει να εξηγηθεί είναι ότι η κριτική του Deming αφορά τις επιχειρήσεις που χρησιμοποιούν τη δειγματοληψία αποδοχής με εσφαλμένο τρόπο. Η δειγματοληψία αποδοχής είναι κατάλληλο να χρησιμοποιείται για διαδικασίες που η κατάσταση τους είναι άγνωστη ή είναι ήδη γνωστό ότι βρίσκονται εκτός στατιστικού ελέγχου. Ο ρόλος της μεθόδου είναι σε αυτή την περίπτωση να συμμετέχει, όχι να αντικαταστήσει, σε ένα πρόγραμμα συνεχούς βελτίωσης που θα επαναφέρει τη διαδικασία εντός στατιστικού ελέγχου. Βέβαια, η γνώμη των επικριτών γίνεται απόλυτα αποδεκτή αν σκεφτεί κανείς περιπτώσεις όπου ακόμα και μία εξαιρετικά χαμηλή τιμή του AQL, π.χ. 0.1% δηλαδή 99.9% των περιπτώσεων να είναι αποδεκτές, θα είχε σημαντικές συνέπειες (π.χ. υπολογίζεται ότι με τέτοια ποσοστά στις Η.Π.Α. κάθε χρόνο θα χάνονταν 16.000 ταχυδρομικές επιστολές, θα γράφονταν 20.000 λάθος ιατρικές συνταγές, θα γίνονταν 500 εσφαλμένες χειρουργικές επεμβάσεις ενώ κάθε μέρα θα συνέβαιναν δύο επικίνδυνες προσγειώσεις αεροπλάνων σε ένα συγκεκριμένο αεροδρόμιο και 50 νεογέννητα θα έπεφταν από τα χέρια των γιατρών).

Η αλήθεια πάντως είναι ότι η δειγματοληψία αποδοχής δεν μπορεί να αποτελέσει αυτόνομη μέθοδο βελτίωσης της ποιότητας αλλά σε συνδυασμό με τις σύγχρονες τεχνικές στατιστικού ελέγχου, μπορεί να αποφέρει σημαντικά αποτελέσματα. Για παράδειγμα τα αποτελέσματα της δειγματοληψίας μπορούν να συνδυαστούν με το ιστορικό ποιότητας του προμηθευτή και τα αποτελέσματα του στατιστικού ελέγχου (Juran, Gryna, 1993). Επίσης τα ίδια αποτελέσματα μπορούν να αποτελέσουν πηγή εκτίμησης του ιστορικού ποιότητας του προμηθευτή ή μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μέσο πίεσης από τον καταναλωτή στον παραγωγό. Η δειγματοληψία αποδοχής σε καμία περίπτωση δε θα πρέπει να χρησιμοποιείται απλά για να ξεχωρίσει τα ελαττωματικά από τα μη ως μέτρο αστυνόμευσης δηλαδή εμποδίζοντας τα ελαττωματικά προϊόντα από το να φτάσουν στα επόμενα στάδια της παραγωγής. Στο σύστημα της δειγματοληψίας θα πρέπει να ενσωματωθεί ένας μηχανισμός συγκράτησης και αρχειοθέτησης σημαντικών πληροφοριών που προκύπτουν από τη συχνότητα εμφάνισης και το πλήθος των ελαττωματικών προϊόντων. Η πληροφορία αυτή θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ανατροφοδότηση, ενθαρρύνοντας έτσι βελτιωτικές κινήσεις (Ott, 1975).

Μια εξειδίκευση της δειγματοληψίας αποδοχής είναι το πρόγραμμα μηδενικών ελαττωματικών. Το πρόγραμμα αυτό δεν πρέπει να συγχέεται με το δειγματοληπτικό σχέδιο με μηδενικό όριο αποδοχής στο δείγμα, αλλά είναι ένα κίνητρο στους προμηθευτές να αγωνίζονται για την τελειότητα. Αυτό που προωθεί το πρόγραμμα είναι μία αλλαγή στη νοοτροπία και στην κατεύθυνση ότι όλα πρέπει να γίνονται σωστά την πρώτη φορά. Αυτό βέβαια προϋποθέτει μια αμφίδρομη αποδοτική επικοινωνία μεταξύ παραγωγού και προμηθευτή. Σε κάθε περίπτωση το πρόγραμμα μηδενικών ελαττωματικών προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα όπως (Pooler & Pooler, 1997):

- Μεγαλύτερη πίεση στον προμηθευτή να παράγει το σωστό προϊόν την πρώτη φορά.
- Μικρότερο επίπεδο επιθεώρησης καθώς απαιτούνται μικρότερα δείγματα.
- Μεγαλύτερη προστασία για τον καταναλωτή για ποσοστά ελαττωματικών υψηλότερα της τιμής του AQL.

Σε ένα περιβάλλον Ολικής Ποιότητας, όπου η σχέση παραγωγού και προμηθευτή θα πρέπει να βασίζεται σε μακροχρόνια συνεργασία και εμπιστοσύνη, δε θα πρέπει να υπάρχει αυξημένη ανάγκη για αυστηρή επιθεώρηση. Αντίθετα, αν η συνεργασία λειτουργεί υποδειγματικά, δεν χρειάζεται να γίνεται έλεγχος κάθε εισερχόμενης παρτίδας προκειμένου να αξιολογηθεί ο προμηθευτής. Η αξιολόγηση του προμηθευτή γίνεται στους περιοδικούς ελέγχους έτσι όπως περιγράφουν οι διαδικασίες της διασφάλισης ποιότητας. Άρα η αρμοδιότητα του ελέγχου της παρτίδας που παραδίνεται βαρύνει πλέον τον προμηθευτή ο οποίος οφείλει να αποδείξει και εγγράφως την ποιότητα των υλικών που παραδίδει έπειτα από τους σχετικούς ελέγχους (Evans, Lindsay, 1999).

1.10 Βιβλιογραφία κεφαλαίου 1

- Bounds, G., Yorks L., Adams, M., Ranney G., 1999, Total quality management toward the emerging paradigm., Mc Graw-Hill International editions, Singapore, pp. 52-53.
- Charbonneau, H. C., Webster, G. L., 1978, Industrial quality control., Prentice-Hall, Inc., U.S.A., pp.138-140.
- Dobler, D. W., Burt D. N., Lamar L. Jr., 1995, Purchasing and material management, 5th edition., Mc Graw-Hill International editions, U.S.A., pp.399-405.
- Dodge,H.F., & H.G.Romig, 1959, Sampling Inspection Tables, 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Enrick, W. L., 1985, Quality, reliability and process improvement., Industrial Press, Inc., New York, pp. 9-13.
- Evans, J. R. & Lindsay, W. M., 1999, The management and control of quality, 4th edition., South Western College Publishing, U.S.A., pp. 567-568.
- Feigenbaum, A. V., 1951, Quality control, principles, practice and administration., Industrial Organization and Management Series, Mc Graw-Hill Book Company, Inc., U.S.A., pp. 181-183.

- Feigenbaum, A. V., 1991, Total quality control, 3rd edition revised., Mc Graw-Hill International editions, U.S.A., pp. 465-529.
- Juran, J. M., Gryna, F. M. Jr., 1970, Quality planning and analysis., Tata Mc Graw-Hill Publishing Company LTD, New York, pp. 335-341.
- Juran, J. M., Gryna, F. M., 1993, Quality planning and analysis, 3rd edition., Mc Graw-Hill International editions, U.S.A., pp. 456-459.
- Juran, J. M., Gryna, F. M., Bingham, R. S., 1974, Quality control handbook, 3rd edition., Mc Graw-Hill, Inc., U.S.A., pp. 24.2-24.8.
- Montgomery, D. C., 1997, Introduction to statistical quality control, 3rd edition., John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., pp.607-613.
- Ott, E. R., 1975, Process quality control., Mc Graw-Hill Kogakusha, LTD, Tokyo, pp.182-183.
- Pooler, V. H. & Pooler, D. J., 1997, Purchasing and supply management, creating the vision., Chapman & Hall, U.S.A., pp. 155-159.
- Sower, V. E., Savoie M. J., Renick, S., 1999, An introduction to quality management and engineering., Prentice-Hall, Inc., U.S.A., pp. 78-83.
- Wetherill, G. B., 1977 Sampling inspection and quality control 2nd edition., Chapman and Hall, London, pp. 19-23.
- Wetherill, G. B., Chiu, W. K., "A review of acceptance sampling schemes with emphasis on the economic aspect", International Statistics Review, Vol. 43, no. 2, 1975, pp. 191-210.
- Δαμιανός, Χ., 1996, Στατιστικός έλεγχος ποιότητας και αξιοπιστία., Αθήνα., pp.44-66.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Ανασκόπηση σχετικής βιβλιογραφίας

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται με μεγαλύτερη λεπτομέρεια οι αναφορές της βιβλιογραφίας σε θέματα που αφορούν τη δειγματοληψία αναφοράς. Οι αναφορές αυτές ταξινομούνται σε πέντε κύριες ενότητες και αφορούν τη χρήση διαφορετικών κατανομών, το σχεδιασμό δειγματοληπτικών σχεδίων, την ανάπτυξη σχετικού λογισμικού, τη σχέση της δειγματοληψίας αποδοχής με το στατιστικό έλεγχο και τη θέση που κατέχει η δειγματοληψία αποδοχής σήμερα.

2.1 Δειγματοληψία αποδοχής με τη χρήση διάφορων κατανομών

Οι διάφορες κατανομές χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν μεγέθη των οποίων η πραγματική κατανομή είναι άγνωστη. Τα μεγέθη που συνήθως προσεγγίζονται από διάφορες κατανομές είναι το ποσοστό των ελαττωματικών στην παρτίδα, το ποσοστό των ελαττωματικών που τελικά ανιχνεύεται, το χαρακτηριστικό που μας ενδιαφέρει και η διασπορά της παραγωγικής διαδικασίας. Οι κατανομές που χρησιμοποιούνται πιο συχνά είναι η κανονική, η διωνυμική και η Poisson λόγω της ευκολίας τους και της μεγάλης διαθεσιμότητας τους σε πίνακες. Η προσέγγιση όμως αυτή δεν είναι πάντα απόλυτα επιτυχημένη και συχνά οδηγεί σε εσφαλμένες εκτιμήσεις μεγεθών.

Για παράδειγμα, σε ένα πραγματικό περιβάλλον όπου διεξάγεται η δειγματοληψία αποδοχής, η διασπορά της παραγωγικής διαδικασίας σπανίως είναι γνωστή με μεγάλη ακρίβεια. Δεν είναι όμως πάντα σωστή η προσπάθεια υποκατάστασης της ακριβούς μορφής της διασποράς με υποθέσεις κατανομών (Seidel, 1997). Συχνά η παράμετρος που ενδιαφέρει θεωρείται ότι κατανέμεται κανονικά, συνήθως μέσα στην παρτίδα. Ο συγγραφέας διαφωνεί με τον ισχυρισμό αυτό καθώς οι παρτίδες είναι πεπερασμένες και μπορούν να θεωρηθούν μόνο τυχαία δείγματα ενός κανονικά κατανεμημένου υπερπληθυσμού όπως η παραγωγική διαδικασία. Ενώ όμως για μεγάλες παρτίδες θα μπορούσε να θεωρηθεί εύλογη μια τέτοια προσέγγιση, ο συγγραφέας αναζητά την ισχύ της χρησιμοποίησης κατανομών σε μικρές παρτίδες. Το γενικό συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι για μικρούς πληθυσμούς το μέγιστο ρίσκο των δειγματοληπτικών σχεδίων με άγνωστη διασπορά είναι μικρότερο και γενικότερα έχει πιο ομαλή μορφή από τα αντίστοιχα με γνωστή διασπορά. Επίσης τα δειγματοληπτικά σχέδια με άγνωστη διασπορά είναι πιο ευαίσθητα στο ποσοστό των ελαττωματικών του δείγματος παρά τα αντίστοιχα με γνωστή διασπορά. Άρα για την περίπτωση των μικρών παρτίδων, η άγνοια της διασποράς δίνει πιο ρεαλιστικά αποτελέσματα και με μικρότερη ευαισθησία σε σφάλματα μοντελοποίησης.

■ 2.1.1 Κανονική κατανομή

Πολλές φορές για λόγους μαθηματικής απλοποίησης κατά το σχεδιασμό ενός δειγματοληπτικού σχεδίου μεταβλητών θεωρείται ότι το προς μέτρηση χαρακτηριστικό κατανέμεται κανονικά. Κάτι τέτοιο όμως μπορεί να οδηγήσει

σε εντελώς εσφαλμένες εκτιμήσεις της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης του ποσοστού των ελαττωματικών (Suresh και Ramanathan, 1997). Οι συγγραφείς εξετάζουν την περίπτωση ενός σχεδίου όπου το χαρακτηριστικό που ενδιαφέρει κατανέμεται συμμετρικά αλλά όχι κανονικά και κάνουν συγκρίσεις με την κανονική κατανομή. Συμπεραίνεται ότι αν χρησιμοποιηθεί μια συμμετρική αλλά όχι κανονική κατανομή, θα προκύψει ένα σχέδιο που δίνει τιμές του ρίσκου του παραγωγού ικανές για να παρέχουν μια καλύτερη διακρισιμότητα από την αντίστοιχη της κανονικής. Ακόμα, προκύπτει ότι η χρήση της κανονικής κατανομής οδηγεί σε μεγαλύτερο απαιτούμενο μέγεθος δείγματος από ότι η χρήση οποιασδήποτε άλλης συμμετρικής. Τέλος μια τέτοια κατανομή χρησιμοποιείται στην παραγωγή οικονομικών σχεδίων, παρέχοντας τα καλύτερα αποτελέσματα από τις εναλλακτικές κατανομές (Lindley και Singpurwalla, 1991).

■ 2.1.2 Διωνυμική κατανομή

Η κατανομή αυτή χρησιμοποιείται τις περισσότερες φορές στα κλασσικά δειγματοληπτικά σχέδια μιας και θεωρείται ότι περιγράφει καλύτερα τη διαδικασία της διαδικασίας αποδοχής. Επίσης χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή οικονομικών σχεδίων αλλά με όχι τόσο ικανοποιητικά αποτελέσματα (Lindley και Singpurwalla, 1991). Ακόμα χρησιμοποιήθηκε για να προσεγγίσει τον αριθμό των ελαττωματικών που ανιχνεύονται ως εναλλακτική της υπεργεωμετρικής σε περίπτωση υπολογισμού των τροποποιημένων ρίσκων αλλά παρατηρήθηκαν μικρές διαφορές. Η χρησιμότητα των τροποποιημένων αυτών ρίσκων είναι ότι μπορούν να εξασφαλίζουν οικονομικά σχέδια με τα μικρότερα μεγέθη δείγματος τα οποία έχουν ήδη υπερεκτιμηθεί από άλλες αιτίες όπως η χρησιμοποίηση της διωνυμικής ως προσέγγιση της υπεργεωμετρικής κατανομής. (Graves, Murphy και Ringuest, 1996).

■ 2.1.3 Κατανομή Poisson

Η κατανομή αυτή χρησιμοποιείται ευρύτατα στη βιομηχανία σε περιπτώσεις ποιοτικού ελέγχου διαδικασιών είτε ως προσέγγιση της Διωνυμικής, είτε ως αυτόνομη με το σκεπτικό ότι μπορεί να προσεγγίζει τους

μηχανισμούς που προκαλούν τα ελαττωματικά προϊόντα. Αν η κατανομή Poisson είναι η πραγματική κατανομή τότε τα ελαττωματικά θα παρουσιαστούν ομοιόμορφα στο δείγμα (Albin και Friedman, 1989). Επίσης, η κατανομή αυτή χρησιμοποιήθηκε εναλλακτικά στο σχεδιασμό οικονομικών σχεδίων με αποτελέσματα ανάλογα της διωνυμικής (Lindley και Singpurwalla, 1991).

■ 2.1.4 Ομοιόμορφη κατανομή

Η κατανομή αυτή χρησιμοποιείται για να ελεγχθεί η ισχύς δύο τροποποιημένων εννοιών των ρίσκων του παραγωγού και του καταναλωτή (Graves και Ringuest, 1991). Συγκεκριμένα οι συγγραφείς προτείνουν να ορίζεται το ρίσκο του παραγωγού, α' , ως η πιθανότητα απόρριψης μιας παρτίδας στην οποία το ποσοστό των ελαττωματικών είναι μικρότερο ή ίσο με το AQL και του καταναλωτή, β' , ως η πιθανότητα αποδοχής μιας παρτίδας στην οποία το ποσοστό των ελαττωματικών είναι ίσο ή μεγαλύτερο από το LTPD. Προκύπτει ότι το κλασσικό ρίσκο του καταναλωτή είναι δέκα φορές μεγαλύτερο από το τροποποιημένο της ομοιόμορφης και το ρίσκο του παραγωγού είναι δύο φορές μεγαλύτερο από το τροποποιημένο της ομοιόμορφης. Όσον αφορά το μέγεθος του δείγματος, προκύπτει ότι για να κρατηθεί το ρίσκο του καταναλωτή στα επιθυμητά επίπεδα απαιτούνται μικρότερα μεγέθη για την ομοιόμορφη. Αντίθετα το μέγεθος που απαιτείται για να κρατηθεί το ρίσκο του παραγωγού είναι μικρότερο στη σταθερή κατανομή από την ομοιόμορφη.

Επίσης με το ίδιο σκεπτικό αναπτύσσονται και το Bayesian ρίσκο (Graves, Murphy και Ringuest, 1996). Το Bayesian ρίσκο του παραγωγού, α'' , (καταναλωτή, β''), ορίζεται ως η πιθανότητα η παρτίδα να είναι καλή (κακή), δοθέντος ότι απορρίφθηκε (έγινε αποδεκτή). Το πλεονέκτημα του Bayesian ρίσκου του παραγωγού είναι ότι δίνει πληροφορίες για το πώς θα διατεθούν τα απορριφθέντα τεμάχια μιας και ένα ποσοστό αυτών είναι καλά. Επίσης, το αντίστοιχο του καταναλωτή, πληροφορεί για το τι ποσοστό από αυτά που έγιναν αποδεκτά είναι πιθανόν να μην είναι καλά.

Προκύπτει ότι η ομοιόμορφη κατανομή δίνει χαμηλότερες τιμές στα μεγέθη α' , α'' , β' και υψηλότερες στο β'' από ότι η τριγωνική κατανομή που εναλλακτικά χρησιμοποιείται. Συμπεραίνεται επίσης ότι: 1) για μεγάλες τιμές του πληθυσμού, οι τιμές των α και β είναι πολύ κοντά στα α' και β' για συνεχείς κατανομές, 2) τα μεγέθη α' , α'' , β' και β'' δεν είναι ευαίσθητα στο μέγεθος της παρτίδας, 3) τα μεγέθη α'/α'' και β'/β'' είναι ευαίσθητα στο όριο αποδοχής και στο μέγεθος του δείγματος, καθώς και στο είδος της κατανομής της πιθανότητας του πληθυσμού, 4) καθώς η μεταβλητότητα της κατανομής του ποσοστού των ελαττωματικών μειώνεται, τα α' και β' αυξάνονται, 5) ομοίως για μείωση της μεταβλητότητας το β'' μένει κυρίως σταθερό, ενώ το β' είναι αρκετά υψηλότερο του β' , 6) οι μεταβολές που συμβαίνουν με μείωση της μεταβλητότητας δεν εξαρτώνται από το είδος της κατανομής της παρτίδας, τα μεγέθη AQL και LTPD και από το μέγεθος της παρτίδας.

■ 2.1.5 Τριγωνική κατανομή

Η τριγωνική κατανομή χρησιμοποιείται σε ανάλογες περιπτώσεις με την ομοιόμορφη ως εναλλακτική της μορφή. Προκύπτει ότι το κλασσικό ρίσκο του καταναλωτή είναι οκτώ φορές μεγαλύτερο

του τροποποιημένου της τριγωνικής. Ομοίως το ρίσκο του παραγωγού είναι μιάμιση φορά του τροποποιημένου ρίσκου στην τριγωνική κατανομή. Επίσης το απαιτούμενο μέγεθος δείγματος είναι μικρότερο ακόμα και από εκείνο της ομοιόμορφης για να κρατηθεί το ρίσκο του παραγωγού σταθερό (Graves και Ringuest, 1991). Ακόμα προκύπτει ότι η τριγωνική κατανομή δίνει υψηλότερες τιμές μόνο για το μέγεθος β', ενώ τα υπόλοιπα συμπεράσματα αναφέρθηκαν παραπάνω (Graves, Murphy και Ringuest, 1996). Τέλος, η τριγωνική κατανομή χρησιμοποιείται για να περιγράψει την άγνωστη μέση τιμή έως την αστοχία ενός συστήματος, σε μια εργασία όπου η δειγματοληψία αποδοχής προτείνεται εναλλακτικά ως μέθοδος αύξησης της αξιοπιστίας (Graves, Murphy και Ringuest, 1999).

■ 2.1.6 Κατανομή Γάμα

Η κατανομή αυτή προτιμάται καθώς έχει επανειλημμένως χρησιμοποιηθεί σε προβλήματα αξιοπιστίας, ελέγχου διάρκειας ζωής και κόπωσης. Επίσης μια ειδική περίπτωση της κατανομής Γάμα είναι η χ^2 για την οποία υπάρχουν διαθέσιμοι πίνακες (Gupta και Groll, 1961). Η εργασία αφορά ελέγχους διάρκειας ζωής δειγμάτων όπου το απλό δειγματοληπτικό σχέδιο εφαρμόζεται σε πληθυσμό που ακολουθεί την κατανομή Γάμα.

Το πρόβλημα που περιγράφεται είναι η εύρεση του ελαχίστου μεγέθους του δείγματος που απαιτείται για να εξασφαλιστεί ένας καθορισμένος μέσος χρόνος ζωής, όταν το πείραμα διακοπεί σε ένα προκαθορισμένο χρόνο και όταν οι αστοχίες δεν ξεπεράσουν ένα όριο αποδοχής. Η παρτίδα γίνεται αποδεκτή αν ο καθορισμένος μέσος χρόνος ζωής εξασφαλιστεί με μια προκαθορισμένη πιθανότητα η οποία παίζει το ρόλο της προστασίας του καταναλωτή. Η απόφαση για την αποδοχή λαμβάνεται μόνο στο τέλος του προκαθορισμένου χρόνου διακοπής και αφού δεν έχουν εμφανιστεί περισσότερες από τις καθορισμένες αστοχίες. Σε αντίθετη περίπτωση η παρτίδα απορρίπτεται.

■ 2.1.7 Κατανομή Βήτα

Το απλό δειγματοληπτικό σχέδιο αποδοχής αναλύεται με την υπόθεση ότι το ποσοστό των ελαττωματικών, ρ , είναι μια τυχαία μεταβλητή και όχι σταθερή όπως παραδοσιακά είχε θεωρηθεί (Chun και Rinks, 1998). Για την περιγραφή αυτής της τυχαίας μεταβλητής, χρησιμοποιείται η κατανομή Βήτα και για αυτήν υπολογίζεται το ρίσκο του παραγωγού και καταναλωτή. Επίσης γίνεται σύγκριση με το κλασσικό και το Bayesian ρίσκο του παραγωγού και καταναλωτή.

Ο λόγος που αναζητείται μια διαφορετική από τη σταθερή μεταβλητή για να περιγράψει το ποσοστό των ελαττωματικών, ρ , είναι ότι αυτή έχει επικριθεί και χαρακτηριστεί ως αναποτελεσματική για να χρησιμοποιηθεί σε δειγματοληπτικά σχέδια. Παλαιότερα είχε προταθεί η χρήση μιας ομοιόμορφης και τριγωνικής κατανομής. Παρόλα αυτά οι συγγραφείς θεωρούν ότι η κατανομή Βήτα περιγράφει καλύτερα από όλες τις άλλες κατανομές το

ποσοστό των ελαττωματικών για μια σειρά από λόγους. Πρώτα, μπορεί να περιγράψει μια ευρεία ποικιλία μορφών της τυχαίας μεταβλητής. Δεύτερον, για συγκεκριμένες τιμές η κατανομή αυτή μπορεί να περιγράψει και την ομοιόμορφη κατανομή. Ακόμα η κατανομή Βήτα είναι συζυγής με την διωνυμική κατανομή κάτι που οδηγεί σε απλούστερα μαθηματικά

Χρησιμοποιώντας ένα λογισμικό FORTRAN αναπτύσσονται δύο απλά δειγματοληπτικά σχέδια για διάφορες τιμές των παραμέτρων της κατανομής Βήτα ώστε να συμπεριλαμβάνεται και η σταθερή. Από την ανάλυση αυτή προκύπτει ότι το α' μεγιστοποιείται για το σταθερό ρ και ελαχιστοποιείται για την ομοιόμορφη κατανομή του ρ . Επίσης καθώς αυξάνεται η μεταβλητότητα του ρ , έχοντας σταθερή τη μέση του τιμή, ο αριθμός του δείγματος, n , αυξάνεται για να επιτευχθεί ένα συγκεκριμένο επίπεδο α' , ενώ μειώνεται για να επιτευχθεί ένα συγκεκριμένο επίπεδο β' . Παράλληλα το α' μειώνεται μονοτονικά σε σχέση με τον αριθμό αποδοχής, c , ενώ το αντίθετο ισχύει για το β' . Το α' είναι μεγαλύτερο από το α'' για μικρές τιμές του c ενώ το αντίθετο ισχύει για μεγάλες τιμές του c . Ακόμα το β'' είναι μεγαλύτερο από το β' για μικρές τιμές του c και μικρότερο του β' για μεγάλες τιμές του c .

Τέλος, σημειώνεται ότι η ανάλυση των συγγραφέων περιορίζεται στην περίπτωση του απλού σχεδίου αλλά μπορεί να επεκταθεί και σε διπλά, πολλαπλά ή συνεχόμενα σχέδια.

■ 2.1.8 Κατανομή t-Student

Η κατανομή αυτή χρησιμοποιείται για να προσεγγίσει την άγνωστη διασπορά μιας παραγωγικής διαδικασίας σε εργασία που αφορά την ταύτιση δύο χαρακτηριστικών καμπύλων (Bravo και Wetherill, 1980). Τα δειγματοληπτικά σχέδια που προκύπτουν από πρότυπα μεταβλητών και ιδιοτήτων θα πρέπει να είναι εναλλάξιμα και άρα οι χαρακτηριστικές καμπύλες τους να έχουν ένα ποσοστό ταύτισης. Η ταύτιση των καμπύλων σε ένα μόνο σημείο που είχε επιτευχθεί στο παρελθόν, οδηγούσε σε μεγάλες διαφορές στα άλλα σημεία.

Καταρχάς οι συγγραφείς αναλύουν την επίτευξη ταύτισης μεταξύ των OC καμπύλων ενός μονού σχεδίου μεταβλητών και ενός μονού ιδιοτήτων. Εξετάζονται τόσο η περίπτωση γνωστής διασποράς όσο και άγνωστης που προσεγγίζεται από μια κατανομή t . Γενικά επιλέγονται δύο τιμές του ποσοστού των ελαττωματικών για τις οποίες οι OC καμπύλες ταυτίζονται πλήρως και εξετάζονται οι διαφορές στα υπόλοιπα σημεία. Οι συγγραφείς ως τέτοια σημεία επιλέγουν το AQL, μιας και γενικά θεωρείται ότι η παραγωγή κινείται σε εκείνη την περιοχή, και το 50% καθώς απαιτεί μικρότερα μεγέθη δείγματος και δίνει την καλύτερη ταύτιση στην περιοχή πρακτικού ενδιαφέροντος, εκεί δηλαδή που η πιθανότητα αποδοχής είναι μεγαλύτερη από 50%. Για την περίπτωση της άγνωστης διασποράς παρατηρείται ομοίως ότι η ταύτιση στα ίδια σημεία οδηγεί σε μικρότερα δείγματα και καλύτερη γενικότερη ταύτιση. Ανάλογα συμπεράσματα προκύπτουν και για την περίπτωση ταύτισης των καμπυλών του διπλού δειγματοληπτικού σχεδίου.

Η κατανομή αυτή χρησιμοποιείται επίσης για να περιγράψει την κατανομή του χαρακτηριστικού που μας ενδιαφέρει ως εναλλακτική μορφή της κανονικής που πολλές φορές χρησιμοποιείται εσφαλμένα (Suresh και Ramanathan, 1997). Προκύπτει ότι η χρήση αυτής της κατανομής, όπως και κάθε άλλης συμμετρικής, παρέχει ικανή διακρισιμότητα και απαιτεί μικρότερα μεγέθη δείγματος σε σχέση με την κανονική.

■ 2.1.9 Αντίστροφη Γκαουσιανή Κατανομή

Η Αντίστροφη Γκαουσιανή (ΑΓ) κατανομή χρησιμοποιείται συνήθως για να περιγράψει τους χρόνους ζωής προϊόντων. Επίσης χρησιμοποιείται ως εναλλακτική της κανονικής εκεί όπου αυτή εσφαλμένα χρησιμοποιείται οδηγώντας σε μεγάλα δείγματα (Aminzadeh, 1996). Εξετάζεται η περίπτωση του σχεδίου μεταβλητών με την ύπαρξη κάτω ορίου προδιαγραφών που αφορά το ποσοστό των ελαττωματικών. Η εύρεση του μεγέθους του δείγματος και του ορίου αποδοχής γίνεται ως συνήθως με την επιλογή δύο σημείων του ποσοστού των ελαττωματικών και της πιθανότητας αποδοχής αντίστοιχα.

Όπως αναμενόταν, προκύπτει αύξηση της πιθανότητας αποδοχής με αύξηση του μεγέθους του δείγματος ή αύξηση του ορίου προδιαγραφών. Επίσης η πιθανότητα αυτή αυξάνει και με αύξηση του λόγου των παραμέτρων της κατανομής, ενώ για μεγάλες τιμές του λόγου υπάρχει προφανής υπεροχή των σχεδίων της ΑΓ κατανομής από αυτά της κανονικής.

Η κατανομή αυτή χρησιμοποιείται επίσης για ένα διαδοχικό δειγματοληπτικό σχέδιο ελέγχου της μέσης τιμής μιας κρίσιμης παραμέτρου (Edgeman, Collins και Lin, 1997).

■ 2.1.10 Κατανομή Laplace

Η κατανομή αυτή χρησιμοποιείται όταν η πραγματική κατανομή της παραγωγικής διαδικασίας δεν είναι κανονική και αναζητούνται εναλλακτικές κατανομές για να την περιγράψουν. Σε μια τέτοια περίπτωση η χρήση της κανονικής κατανομής μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένα συμπεράσματα (Sahli, Trecourt και Robin, 1997). Η κατανομή Laplace επιλέγεται επειδή είναι ανάλογη της εκθετικής της οποίας η πυκνότητα είναι λιγότερο διευρυμένη από την κατανομή. Για την απόφαση αποδοχής οι συγγραφείς χρησιμοποιούν την εκτίμηση των παραμέτρων της κατανομής ενώ η ανάλυση περιορίζεται για την περίπτωση του άνω ορίου προδιαγραφών. Όπως γίνεται σε τέτοιες περιπτώσεις, η ανάλυση γίνεται είτε η παράμετρος της τυπικής απόκλισης είναι γνωστή είτε όχι. Και για τις δύο περιπτώσεις, η εύρεση του μεγέθους του δείγματος και του ορίου αποδοχής καταλήγει σε ένα σύστημα δύο εξισώσεων το οποίο λύνεται μόνο αριθμητικά. Συμπεραίνεται ότι για μεγάλα δείγματα απαιτείται ισχυρή υπολογιστική εργασία ενώ για μικρά δείγματα επιτυγχάνονται μικρές διασπορές για τις εκτιμήσεις των παραμέτρων της κατανομής σε σχέση με προηγούμενες προσπάθειες.

■ 2.1.11 Κατανομή Cauchy

Η κατανομή Cauchy ανήκει σε μια οικογένεια συμμετρικών κατανομών η οποία για ορισμένη τιμή μιας παραμέτρου μπορεί να πάρει τη μορφή της κανονικής ή της t-Student. Όπως και άλλες συμμετρικές της ίδιας οικογένειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει τη συμμετρική κατανομή του χαρακτηριστικού που ενδιαφέρει, όταν η χρήση της κανονικής για το σκοπό

αυτό αμφισβητείται (Suresh και Ramanathan, 1997). Τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι ενθαρρυντικά και υποδεικνύουν ότι μια τέτοια κατανομή θα πρέπει να προτιμάται έναντι της κανονικής σε περιπτώσεις συμμετρικών κατανομών του χαρακτηριστικού που ενδιαφέρει.

■ 2.1.12 Λογαριθμική-Κανονική (Lognormal) Κατανομή

Η κατανομή αυτή χρησιμοποιείται συνήθως για να περιγράψει τους χρόνους ζωής προϊόντων και προτιμάται έναντι άλλων καθώς προσφέρει μικρότερα μεγέθη δείγματος. Ειδικότερα συναντάται και σε περίπτωση ελέγχου του χρόνου ζωής των προϊόντων χωρίς να εξετάζονται όλες οι μονάδες του δείγματος απαιτώντας έτσι ακόμα μικρότερα μεγέθη δείγματος (Schneider, 1989). Προκύπτει ότι η χρήση αυτής της κατανομής δίνει τιμές του ρίσκου του παραγωγού και καταναλωτή πολύ κοντά στις επιθυμητές τιμές εκτός από πολύ μικρές πιθανότητες αποδοχής όπου παρατηρείται μικρή απόκλιση.

■ 2.1.13 Κατανομή Weibull

Ομοίως και η κατανομή Weibull χρησιμοποιείται για ανάλογες με την Λογαριθμική-Κανονική κατανομή με παρόμοια αποτελέσματα (Schneider, 1989). Οι αποκλίσεις που παρατηρούνται πάντως με τη χρήση αυτής της κατανομής είναι μεγαλύτερες ενώ τα μεγέθη του δείγματος που απαιτούνται μικρότερα.

■ 2.1.14 Κατανομή Neyman

Η κατανομή Neyman είναι μια ειδική περίπτωση της σύνθετης κατανομής Poisson και εξετάζεται ως εναλλακτική αυτής σε περιπτώσεις όπου τα ελαττωματικά προϊόντα ομαδοποιούνται (Albin και Friedman, 1989). Η κατανομή αυτή υποθέτει ότι ο αριθμός των ομάδων και ο αριθμός των ελαττωματικών σε κάθε ομάδα κατανέμεται με κατανομή Poisson. Προκύπτει ότι η κατανομή Neyman προσεγγίζει καλύτερα την κατανομή των ελαττωματικών σε μια τέτοια περίπτωση και αυτό γιατί η μεταβλητότητα των ελαττωματικών είναι πολλαπλάσια της μέσης τιμής τους ως αποτέλεσμα της ομαδοποίησης. Αντίθετα, η Poisson έχει μεταβλητότητα ίση με τη μέση τιμή της. Τέλος, όταν η μέση τιμή της κατανομής των ομάδων είναι μεγάλη σε

σχέση με την μέση τιμή της κατανομής των ελαττωμάτων ανά ομάδα, η κατανομή Neyman μοιάζει πολύ με την Poisson, ενώ όταν ισχύει το αντίστροφο η Neyman παρουσιάζει πολλές ιδιομορφές όπου κάθε ιδιομορφή παρουσιάζει μία ομάδα.

Το μέγεθος του δείγματος για τη Neyman κατανομή προκύπτει ότι είναι πολλαπλάσιο αυτό της Poisson και μάλιστα τόσες φορές όσο ο λόγος της διακύμανσης προς τη μέση τιμή των ελαττωμάτων. Αντίθετα το όριο αποδοχής είναι περίπου ίσο με αυτό της Poisson. Τα σχέδια που προκύπτουν προσεγγίζουν πολύ καλά τις επιθυμητές τιμές των ρίσκων του παραγωγού και του καταναλωτή, αντίθετα με ότι συμβαίνει στα σχέδια της κατανομής Poisson.

2.2 Σχεδιασμός δειγματοληπτικών σχεδίων και σύγκριση μεθόδων

Οι κυριότερες μέθοδοι της δειγματοληψίας αποδοχής καθώς και οι αρχές που τις διέπουν παρουσιάζονται συγκεντρωτικά σε μια εκτενή εργασία που αναφέρεται σε πρακτικά προβλήματα (Tirrett, 1958). Παράλληλα, αναλύεται διεξοδικά η διαδικασία επιλογής ενός δειγματοληπτικού σχεδίου με βάση τα ρίσκα του παραγωγού και καταναλωτή επισημαίνοντας ότι η επιλογή των ρίσκων είναι καθαρά τεχνικό θέμα. Επειδή όμως μια τέτοια επιλογή είναι δύσκολη όσο και καθοριστική, συχνά χρησιμοποιούνται καθορισμένες τιμές, π.χ. 0.05 και 0.10. Παρουσιάζονται επίσης τα διπλά και πολλαπλά δειγματοληπτικά σχέδια υπογραμμίζοντας το οικονομικό τους πλεονέκτημα αλλά και τις πιθανές διαχειριστικές τους δυσκολίες. Σημαντικός θεωρείται ο χαρακτηρισμός των σχεδίων αυτών ως εργαλείο διάκρισης όχι μόνο της καλής από την ελαττωματική παρτίδα αλλά και του ικανοποιητικού από τον μη ικανοποιητικό παραγωγό.

Τα σχέδια που παρουσιάζονται διακρίνονται στα πρότυπα του Αμερικάνικου Στρατού τα οποία έχουν τη δυνατότητα αύξησης της αυστηρότητας της δειγματοληψίας όταν η ποιότητα των προμηθειών αλλάζει και αυτά της Στατιστικής Ερευνητικής Ομάδας (Statistical Research Group-SRG) τα οποία διαθέτουν πέντε επίπεδα αυστηρότητας. Η δειγματοληψία ξεκινά με κανονική επιθεώρηση και μετατρέπεται σε αυστηρότερη αν απορριφθούν δύο από πέντε διαδοχικές παρτίδες. Η δειγματοληψία

επιστρέφει σε κανονική όταν πέντε διαδοχικές παρτίδες γίνουν αποδεκτές. Στην αντίθετη περίπτωση η δειγματοληψία μπορεί να μετατραπεί από κανονική σε ελαστική επιθεώρηση αρκεί:

- a) στην κανονική επιθεώρηση δέκα διαδοχικές παρτίδες να γίνουν αποδεκτές
- b) ο συνολικός αριθμός ελαττωματικών στο δείγμα των δέκα διαδοχικών παρτίδων είναι μικρότερος ή ίσος από μία χαρακτηριστική τιμή
- c) η παραγωγή βρίσκεται σε σταθερή κατάσταση και δεν παρουσιάζονται προβλήματα.

Αντίθετα η δειγματοληψία μπορεί να επιστρέψει σε κανονική από ελαστική όταν:

- a) μία παρτίδα απορριφθεί, ή
- b) η παραγωγή δεν είναι σε σταθερή κατάσταση, ή
- c) με τα κριτήρια που υπάρχουν δεν μπορεί να ληφθεί απόφαση για την αποδοχή ή απόρριψη της παρτίδας.

Τέλος, όταν δέκα διαδοχικές παρτίδες παραμένουν σε αυστηρό έλεγχο η δειγματοληψία σταματά και απαιτείται να αναζητηθεί η αιτία του προβλήματος.

Επίσης, σε μία γενικότερη εργασία περιγράφεται το σχέδιο του BS6002 που δημιουργήθηκε για να αντικαταστήσει τα υπάρχοντα στρατιωτικά πρότυπα και προκειμένου οι εταιρείες να ελέγχουν τα δικά τους προϊόντα (Gascoigne και Hill, 1976). Στηρίζεται στον έλεγχο μεταβλητών και άρα προσφέρει περισσότερες πληροφορίες από ότι ο έλεγχος των ιδιοτήτων οδηγώντας έτσι σε καλύτερες αποφάσεις. Παρόλα αυτά όμως δεν είναι πάντοτε εξίσου οικονομικό καθώς περισσότεροι υπολογισμοί χρειάζονται μετά από κάθε δειγματοληψία. Επίσης, η πιο σημαντική δυσκολία του είναι ότι απαιτείται μια υπόθεση της κατανομής της συχνότητας της μεταβλητής που μετριέται κάτι που οδηγεί σε σφάλματα.

Το προτεινόμενο σχέδιο απαρτίζεται από τέσσερα μέρη. Στο πρώτο μέρος αναπτύσσεται η απαραίτητη θεωρία με σχετικά απλό τρόπο. Το δεύτερο μέρος εξετάζει σε ποιες περιπτώσεις χρησιμοποιείται η δειγματοληψία με μεταβλητές, ποιο επίπεδο ελέγχου θα πραγματοποιηθεί και με ποιο AQL και ποιο ακριβώς δειγματοληπτικό σχέδιο θα χρησιμοποιηθεί. Το

τρίτο μέρος δίνει οδηγίες για το πώς θα λειτουργήσει τα δειγματοληπτικό σχέδιο και προϋποθέσεις αύξησης της αυστηρότητας του. Τέλος το τέταρτο μέρος παραθέτει τους σχετικούς πίνακες και τις χαρακτηριστικές καμπύλες. Επίσης δίνονται ειδικά διαγράμματα για την περίπτωση των διπλών προδιαγραφών. Για την εκτίμηση της διασποράς του πληθυσμού δεν χρησιμοποιείται η συνολική απόκλιση των δειγμάτων αλλά η μέση απόκλιση πέντε υποδειγμάτων, αυξάνοντας την απόδοση της μεθόδου. Η λήψη των υποδειγμάτων θα πρέπει να είναι τυχαία από το συνολικό δείγμα που σημαίνει όμως πιθανές πρακτικές δυσκολίες.

■ 2.2.1 Δειγματοληπτικά σχέδια Dodge-Romig

Τα σχέδια Dodge-Romig, (Dodge, Romig, 1959) έχουν το χαρακτηριστικό ότι τα ελαττωματικά προϊόντα δεν απορρίπτονται αλλά είτε επιδιορθώνονται είτε απομακρύνονται. Επίσης τα σχέδια αυτά εγγυούνται τον ελάχιστο αριθμό ελέγχων (Tippett, 1958). Οι εκδόσεις των σχεδίων αυτών περιλαμβάνουν εκτεταμένους πίνακες για δειγματοληπτικά σχέδια ιδιοτήτων καθώς και θέματα σχετικά με την θεωρία και εφαρμογή της δειγματοληψίας αποδοχής. Τα σχέδια Dodge-Romig χρησιμοποιούν το σημείο p_i το οποίο καλείται LTPD, το ποσοστό των ελαττωματικών για το οποίο υπάρχει πιθανότητα αποδοχής 0.10. Επίσης χρησιμοποιείται η έννοια του Μέσου Εξερχόμενου Όριο Ποιότητας (AOQL). Με τον όρο αυτό εννοείται η μέγιστη πιθανή τιμή του μέσου ποσοστού ελαττωματικών. Εδώ γίνεται αναφορά σε μέσο ποσοστό καθώς περιλαμβάνονται τόσο οι αποδεκτές παρτίδες όπου το αρχικό ποσοστό ελαττωματικών αλλάζει ελαφρώς με την αφαίρεση των ελαττωματικών που θα βρεθούν, αλλά και οι απορριπτέες οι οποίες υποβάλλονται σε 100% έλεγχο μετά την απόρριψή τους, οδηγώντας σε σημαντική μεταβολή αυτού του ποσοστού. Με την έννοια αυτή εξ' άλλου συνδέονται τόσο το μέγιστο ανεκτό ποσοστό ελαττωματικών στα εξερχόμενα προϊόντα, όσο και το αναμενόμενο ποσοστό ελαττωματικών σε κάθε ελεγχόμενη παρτίδα. Η υιοθέτηση τέτοιων σχεδίων, μέσω της συνεχούς απόρριψης παρτίδων, πρωταρχικό σκοπό έχει την άσκηση πίεσης στον παραγωγό ώστε να βελτιώσει είτε την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων είτε το σύστημα ελέγχου του (Grant & Leavenworth, 1988).

Γενικά χρησιμοποιούν την υπόθεση ότι κάθε ελεγχόμενο προϊόν χαρακτηρίζεται ως αποδεκτό ή ως ελαττωματικό και άρα θεωρούνται σχέδια ιδιοτήτων (Klufa, 1994). Ο συγγραφέας στην εργασία αυτή αναπτύσσει τα αντίστοιχα σχέδια μεταβλητών χρησιμοποιώντας δύο μεθόδους: α) όλα τα αντικείμενα του δείγματος και αυτά που απέμειναν από την μη αποδεκτή παρτίδα να ελέγχονται προς τις μεταβλητές τους και β) όλα τα αντικείμενα του δείγματος να ελέγχονται προς τις μεταβλητές τους και τα υπόλοιπα της παρτίδας που απορρίφθηκε με σχέδια ιδιοτήτων. Ο στόχος είναι να γίνουν συγκρίσεις μεταξύ του κόστους που συνεπάγεται το κάθε σχέδιο. Προκύπτει ότι για το ίδιο επίπεδο προστασίας του καταναλωτή, τα σχέδια μεταβλητών και ιδιοτήτων είναι πιο οικονομικά από τα σχέδια ιδιοτήτων. Το συμπέρασμα αυτό ενισχύεται ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου α) το μέγεθος της παρτίδας είναι μεγάλο, β) το LTPD είναι μικρό, γ) το ποσοστό ελαττωματικών είναι μικρό και δ) το κόστος ελέγχου για τις μεταβλητές δεν είναι πολύ μεγαλύτερο του αντίστοιχου των ιδιοτήτων. Ομοίως τα σχέδια μεταβλητών είναι πιο οικονομικά από τα Dodge-Romig ιδιοτήτων και τα σχέδια μεταβλητών και ιδιοτήτων πιο οικονομικά από τα σχέδια μεταβλητών.

Μία απλοποίηση των σχεδίων αυτών προτάθηκε από τον ίδιο τον Dodge το 1959. Η απλοποίηση έγκειται στο γεγονός ότι η επιλογή ενός δειγματοληπτικού σχεδίου δεν γινόταν από εκτενείς πίνακες αλλά από ένα μονοσέλιδο πίνακα που επέτρεπε τον σχεδιασμό του σχεδίου. Η μορφή των πινάκων αυτή είναι η ίδια με αυτή που παρουσιάζεται στα στρατιωτικά πρότυπα και στις μεταγενέστερες εκδόσεις τους.

Μια τροποποίηση των σχεδίων Dodge-Romig, είναι και τα αλυσιδωτά σχέδια Dodge-Romig (ChSP-1). Τα σχέδια αυτά εφαρμόζονται όταν απαιτούνται καταστροφικοί ή ακριβοί έλεγχοι, όταν το προϊόν παράγεται από μια συνεχή παραγωγική διαδικασία και διαδοχικές παρτίδες υποβάλλονται σε έλεγχο, όταν οι παρτίδες αναμένονται να είναι της ίδιας ποιότητας και όταν ο παραγωγός έχει εμπιστοσύνη στον προμηθευτή του. Η αποδοχή μιας παρτίδας γίνεται αν δεν βρεθεί κανένα ελαττωματικό στο δείγμα αυτής της παρτίδας ή αν βρεθεί ένα ελαττωματικό στο δείγμα της τρέχουσας παρτίδας αλλά δεν είχε βρεθεί κανένα στα δείγματα προκαθορισμένου αριθμού

προηγούμενων παρτίδων. Η προσθήκη αυτή στην απόφαση αποδοχής έχει την ίδια επίδραση στην χαρακτηριστική καμπύλη σαν να είχε ληφθεί εξαρχής ένα δεύτερο δείγμα, αυξάνει δηλαδή την πιθανότητα αποδοχής στην περιοχή όπου το ποσοστό των ελαττωματικών είναι μικρό (Grant & Leavenworth, 1988).

Μια εξέλιξη του κλασσικού διπλού δειγματοληπτικού σχεδίου κατά Dodge-Romig βασιζόμενη στην ασαφή λογική αναπτύσσεται (Wang και Chen, 1997). Συγκεκριμένα, η διαφορά του μοντέλου που αναπτύσσεται από το κλασσικό είναι ότι στο εξελιγμένο δεν απαιτείται αυστηρή ικανοποίηση ανισοτικών σχέσεων κάτω από το ρίσκο του καταναλωτή αλλά γύρω από αυτό. Αυτή η χαλαρή συνθήκη είναι η όλη βάση του ασαφούς σχεδιασμού του μοντέλου. Το πλεονέκτημα που παρουσιάζει μια τέτοια εξέλιξη είναι ότι είναι μια γενίκευση του αρχικού μοντέλου. Στη συνέχεια το δειγματοληπτικό σχέδιο που αναπτύσσεται παίρνει τη μορφή ασαφούς μαθηματικού προβλήματος που μπορεί να λυθεί μόνο με αριθμητικές μεθόδους. Για την επίδειξη της λειτουργίας του μοντέλου παρατίθεται ένα αριθμητικό παράδειγμα ενώ γίνεται σύγκριση του αναπτυσσόμενου σχεδίου, του κλασσικού Dodge-Romig και ενός παλαιότερου σχεδίου. Το πλεονέκτημα του εξελιγμένου μοντέλου είναι ότι προκαλεί μείωση κατά 14.24% στο μέγεθος των ελέγχων με κόστος όμως την αύξηση κατά 2.35% του ρίσκου του καταναλωτή. Σε σχέση με το παλαιότερο σχέδιο παρατηρείται μεγάλη μείωση στο μέγεθος των ελέγχων με μικρή αύξηση του ρίσκου του καταναλωτή. Τέλος η ανάλυση ευαισθησίας αποδεικνύει ότι ο μέσος αριθμός ελέγχων ανά παρτίδα αυξάνεται με το μέγεθος του πληθυσμού, ενώ μειώνεται με μικρό ρυθμό με αύξηση του ορίου ανοχής του ρίσκου του καταναλωτή.

■ 2.2.2 Οικονομικά δειγματοληπτικά σχέδια

Το θέμα του βέλτιστου σχεδιασμού δειγματοληπτικών σχεδίων αποτελεί αντικείμενο εφαρμογής Bayesian και non-Bayesian μεθόδων επίλυσης του οδηγώντας σε διαφορετικά αποτελέσματα (Solomon και Zacks, 1970). Με τη Bayesian θεωρία είναι δύσκολο να λυθεί ένα πρόβλημα σχεδιασμού δειγματοληψίας και για αυτό χρησιμοποιούνται προσεγγίσεις της μεθόδου. Ο σχεδιασμός των διπλών δειγματοληπτικών σχεδίων κατά τη Bayesian θεωρία

ξεκινά με τη διχοτόμηση του προϋπολογισμού στα δύο στάδια και ολοκληρώνεται με την εύρεση των μεγεθών των στρωματοποιημένων δειγμάτων των δύο σταδίων, ενώ αναφέρονται εφαρμογές του σχεδιασμού αυτού. Τέλος, αναφέρεται ότι η βέλτιστη μέθοδος δειγματοληψίας είναι η διαδοχική όπου η πρώτη δειγματοληψία εξαρτάται μόνο από την εκ των προτέρων κατανομή του πληθυσμού, ενώ η επόμενη εξαρτάται και από την μεταγενέστερη κατανομή. Επισημαίνεται ότι η εκτέλεση βέλτιστων διαδοχικών σχεδίων είναι δύσκολη αν όχι αδύνατη και για αυτό θα πρέπει να προτιμούνται ισχυρά δειγματοληπτικά σχέδια.

Παραδοσιακά, τα δειγματοληπτικά σχέδια βασίζονταν στο ρίσκο του παραγωγού και καταναλωτή λόγω της ευκολίας τους στη χρήση (Wall και Elshenway, 1989). Αργότερα όμως θέματα κόστους επέβαλλαν την αναζήτηση οικονομικών σχεδίων. Τα σχέδια αυτά έχουν το έμφυτο οικονομικό πλεονέκτημα αλλά παρουσιάζουν δυσκολίες στην εφαρμογή.

Οι διαφορετικοί λόγοι για τους οποίους γίνεται η δειγματοληψία αποδοχής απαιτούν και διαφορετικές θεωρήσεις για την επιλογή του κατάλληλου σχεδίου (Wetherill και Chiu, 1975). Μια σειρά από τέτοιες θεωρήσεις και εξελίξεις που έχουν να κάνουν με το οικονομικό μέρος των σχεδίων παρατίθεται παρακάτω.

Μια προφανής θεώρηση για την επιλογή του σχεδίου είναι αυτή με βάση την ελαχιστοποίηση του κόστους της λειτουργίας του. Η αυξημένη δειγματοληψία οδηγεί σε καλύτερα αποτελέσματα αλλά κοστίζει. Το γραμμικό μοντέλο κόστους είναι το πιο σύνηθες και χαρακτηρίζεται από το νεκρό σημείο ποιότητας το οποίο είναι εκείνο το ποσοστό ελαττωματικών όπου η αποδοχή ή η απόρριψη της παρτίδας κοστίζει το ίδιο. Η ελαχιστοποίηση της συνάρτησης ζημίας της παρτίδας οδηγεί στα βέλτιστα μεγέθη δείγματος και αποδεκτών.

Μια άλλη μέθοδος παριστάνεται από μια συνάρτηση κόστους η οποία μεγιστοποιείται για κάποια τιμή του ποσοστού ελαττωματικών. Η μέθοδος αυτή επιλέγει εκείνο το σχέδιο που παρουσιάζει το μικρότερο μέγιστο.

Μια επίσης συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος είναι αυτή της επιλογής του σχεδίου με βάση ένα σημείο της καμπύλης OC που επιλέγεται είτε με βάση το ρίσκο του παραγωγού ή καταναλωτή είτε με βάση το μέγεθος του δείγματος που ελαχιστοποιεί το κόστος και τις ζημίες από λανθασμένες αποφάσεις.

Ακόμα, μία μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι αυτή που δίνει κίνητρα στον παραγωγό να αλλάξει την κατανομή του προϊόντος και να βελτιώσει δηλαδή την ποιότητα του. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την εναλλαγή των σχεδίων μεταξύ κανονικής, αυστηρής και μειωμένης επιθεώρησης.

Μια εξέλιξη των σχεδίων προβλέπει ότι στο σημείο με πιθανότητα αποδοχής 0.5 τα σχέδια να έχουν όλα τον ίδιο λόγο κλίσης της OC καμπύλης στο σημείο αυτό προς την τιμή του σημείου. Με αυτό επιτυγχάνεται ο ίσος καταμερισμός της πιθανότητας λανθασμένης απόφασης μεταξύ παραγωγού και καταναλωτή. Μια εξέλιξη του σχεδίου που χρησιμοποιεί το νεκρό σημείο ποιότητας, είναι αυτό που εξετάζει τυχαία διαδοχικά δείγματα ίδιου μεγέθους, εκτός από το πρώτο, και συνεχίζει μέχρι ο συνολικός αριθμός ελαττωματικών να είναι κατά ένα μικρότερος του αριθμού των δειγμάτων. Τα μεγέθη των δειγμάτων σχετίζονται με το νεκρό σημείο και ο εμπνευστής του σχεδίου ισχυρίζεται ότι είναι καλύτερο από κάθε άλλο απλό σχέδιο ιδίως για μεγάλες τιμές του νεκρού σημείου. Μια ανάλογη μέθοδος είναι και αυτή με την ουδέτερη γραμμή που κάθε σημείο της ενέχει το ίδιο κόστος για την αποδοχή και την απόρριψη μιας παρτίδας.

Μέσω εκτεταμένων υπολογισμών κάποιοι συγγραφείς καταλήγουν στο ότι η αποτελεσματικότητα ενός σχεδίου εξαρτάται από τη σωστή εκτίμηση του νεκρού σημείου αλλά όχι άλλων παραμέτρων όπως το μέγεθος του δείγματος, ενώ η σωστή εκτίμηση της σχέσης του μεγέθους του δείγματος και του ορίου αποδοχής θεωρείται σημαντική. Επίσης προκύπτει ότι η χρησιμοποίηση λανθασμένης εκ των προτέρων κατανομής ελάχιστα επηρεάζει την αποτελεσματικότητα του σχεδίου.

Συμπεραίνεται γενικά ότι τα σχέδια που βασίζονται στην επιλογή σταθερών σημείων στην καμπύλη OC περιέχουν ένα ποσοστό αυθαιρεσίας. Τα σχέδια που έχουν μηχανισμούς κινήτρων είναι κατάλληλα για μεγάλους πελάτες ενώ τα σχέδια ελαχιστοποίησης των μεγίστων έχουν το μειονέκτημα ότι η τιμή του ποσοστού των ελαττωματικών που αντιστοιχεί στη βέλτιστη λύση μπορεί να βρίσκεται πολύ μακριά από τις συνήθεις τιμές των ποσοστών.

Η ελαχιστοποίηση του κόστους της δειγματοληψίας πάντα αποτελούσε πεδίο έρευνας και ανάπτυξης προσπαθειών (Wall και Elshenway, 1989). Κάποιες προσπάθειες αφορούν την ελαχιστοποίηση του κόστους με διαδοχική αύξηση των παραμέτρων του σχεδίου μέχρι να μην παρατηρείται περαιτέρω μείωση του κόστους. Άλλες μέθοδοι αφορούν το θέμα της διάθεσης των απορριφθέντων τεμαχίων. Τα παραδοσιακά σχέδια προέβλεπαν είτε επανακατεργασία των απορριφθέντων είτε απόρριψη. Τα σχέδια τριών πράξεων σε αυτές τις δύο επιλογές προσθέτουν τη διαλογή των απορριφθέντων ανάλογα με το τι σχέση έχει το ποσοστό των ελαττωματικών με προκαθορισμένες τιμές. Νεότερες μέθοδοι ελαχιστοποίησης περιλαμβάνουν στο συνολικό σχεδιασμό τα λάθη του ανθρώπου κατά τον έλεγχο και οφείλονται σε παράγοντες όπως η κούραση, η θερμοκρασία, η ώρα της ημέρας, η πολυπλοκότητα του αντικειμένου, η προκατάληψη του ελεγκτή, το ποσοστό των ελαττωματικών και η εκτίμηση του για τη σημασία των ελαττωματικών. Διαφορετικές μέθοδοι χρησιμοποιούν χάρτες ελέγχου και θεωρία ανίχνευσης σημάτων ενώ άλλες βασίζονται στο δυναμικό προγραμματισμό για να επιτευχθεί το μέσο επίπεδο εξερχόμενης ποιότητας που ελαχιστοποιεί το συνολικό κόστος. Τέλος, υπάρχουν και μέθοδοι που στηρίζονται στην ανατροφοδότηση πληροφοριών από προηγούμενους ελέγχους για την απόφαση αποδοχής της παρτίδας προκειμένου να επιτευχθεί ένα οικονομικό σχέδιο.

Εξ' άλλου τα σφάλματα τύπου I και II τα οποία είναι απαραίτητα για την επιλογή ενός δειγματοληπτικού σχεδίου, δεν είναι και ο μόνος τρόπος επιλογής (Lindley και Singpurwalla, 1991). Οι συγγραφείς προτείνουν την αντικατάσταση των ρίσκων με τις συναρτήσεις χρησιμότητας που εκφράζουν τον απαραίτητο αριθμό ελέγχων λαμβάνοντας υπό όψιν και θέματα κόστους.

Το πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής έγκειται στο γεγονός ότι με αυτόν τον τρόπο υπάρχει μια γενική εικόνα για το ποσοστό των ελαττωματικών και όχι μόνο δύο ακραίες τιμές του. Επίσης, οι συναρτήσεις χρησιμότητας είναι βασικό συστατικό του συστήματος και δεν μεταβάλλονται δραματικά με αλλαγές παραμέτρων όπως για παράδειγμα το μέγεθος του δείγματος που προσαρμόζεται στην έννοια του κόστους.

Η πρόταση των συγγραφέων επιδεικνύεται για μια περίπτωση αποδοχής ή απόρριψης προϊόντος, όπου ο παραγωγός θα πρέπει να αποφασίσει για τον αριθμό των επαναλήψεων του πειράματος ελέγχου, δηλαδή το μέγεθος του δείγματος. Χρησιμοποιούνται εναλλακτικά η διωνυμική, η Poisson και η κανονική κατανομή ενώ αναζητείται η βέλτιστη τιμή του μεγέθους του δείγματος.

Όταν θεωρείται ότι τόσο το ποσοστό των ελαττωματικών όσο και των μη ελαττωματικών ακολουθούν τη διωνυμική κατανομή, με υπολογιστικό πρόγραμμα βρίσκεται ότι για μικρές τιμές του μεγέθους του δείγματος, η συνάρτηση χρησιμότητας παρουσιάζει ασταθή μορφή. Αρχικά αυξάνεται, παίρνει μια μέγιστη τιμή και στη συνέχεια μειώνεται με γρήγορο ρυθμό υπονοώντας ότι το κόστος του πειράματος είναι απαγορευτικό. Η θεώρηση αυτή παρουσιάζεται ως μια εξισορρόπηση μεταξύ των κλασσικών σχεδίων όπου ο καταναλωτής απαιτεί μεγάλα μεγέθη δείγματος και ο παραγωγός αντιστέκεται φοβούμενος το κόστος. Η χρησιμότητα που προκύπτει αποδεικνύει ότι η πρόταση των συγγραφέων δεν ευνοεί αποκλειστικά τον παραγωγό ή τον προμηθευτή αλλά συμβιβαστικά και τους δύο. Για την κατανομή Poisson, η συνάρτηση χρησιμότητας μειώνεται με το μέγεθος του δείγματος πριν προλάβει ο παραγωγός να δώσει ένα ικανό δείγμα για έλεγχο στον καταναλωτή. Αντίθετα για την κανονική κατανομή παρατηρείται ευδιάκριτα ένα μέγιστο στη συνάρτηση χρησιμότητας για ικανό μέγεθος δείγματος.

Παράλληλα, με το βέλτιστο σχεδιασμό της παραγωγικής διαδικασίας που μεταφράζεται σε στοχοθέτηση της μέσης τιμής της παραμέτρου που ενδιαφέρει είναι δυνατόν να ελαχιστοποιηθεί το κόστος επανακατεργασίας όσων κομματιών απορρίπτονται (Pulak και Sultan, 1996). Το πρόβλημα που

τίθεται είναι να βρεθεί η βέλτιστη μέση τιμή της διαδικασίας ώστε να μεγιστοποιηθεί το κέρδος. Το κέρδος είναι τα έσοδα από την πώληση των προϊόντων μείον το κόστος της κατεργασίας, του ελέγχου και της επανακατεργασίας. Οι συγγραφείς αναπτύσσουν τη σχέση του κόστους και την επιλύουν αριθμητικά .

Παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται το μέγεθος του δείγματος, η βέλτιστη μέση τιμή και η αύξηση του κέρδους αυξάνονται. Επίσης όσο αυξάνεται ο επιτρεπόμενος αριθμός ελαττωματικών, αυξάνεται και η βέλτιστη μέση τιμή ενώ η αύξηση του κέρδους μειώνεται μέχρι ενός σημείου και στη συνέχεια αρχίζει να αυξάνεται πάλι. Από την παραμετρική ανάλυση που γίνεται στο μοντέλο, φαίνεται ότι μειώνοντας το μέγεθος της παρτίδας μειώνεται και η αύξηση του κέρδους, καθώς αυξάνεται ο λόγος μεγεθών δείγματος και παρτίδας.

Σε νεότερες εργασίες (Hanna και Jobe, 1996), το κόστος ποιότητας, το κόστος ελέγχου και αστοχιών δηλαδή, είναι κρίσιμη παράμετρος στον υπολογισμό του μεγέθους της παρτίδας.

Οι συγγραφείς στηρίζουν τον ισχυρισμό τους στο γεγονός ότι από την άποψη του καταναλωτή, το κόστος ποιότητας επηρεάζεται από το μέγεθος της παρτίδας και αξίζει να συμπεριληφθεί μαζί με τις άλλες παραμέτρους που καθορίζουν το μέγεθος της παρτίδας. Το μοντέλο που αναπτύσσεται για τον καθορισμό του μεγέθους μεγάλων παρτίδων στηρίζεται στον κανόνα K_p του Deming και σε ένα απλό δειγματοληπτικό σχέδιο. Έτσι αν ο λόγος του κόστους του αρχικού ελέγχου ενός αντικειμένου, K_1 , προς το κόστος αστοχίας του αντικειμένου κατά την επόμενη διεργασία, K_2 , είναι μικρότερος από το μέσο ποσοστό ελαττωματικών, ρ , τότε πρέπει να γίνει 100% έλεγχος. Αν ο λόγος K_1/K_2 είναι μεγαλύτερος από το ρ , τότε δεν χρειάζεται να γίνει καθόλου έλεγχος. Τα παραπάνω ισχύουν μόνο αν το ποσοστό των ελαττωματικών βρίσκεται σε στατιστικό έλεγχο. Στην αντίθετη περίπτωση ο κανόνας δεν ισχύει και εφαρμόζεται ένα απλό δειγματοληπτικό σχέδιο με μέγεθος δείγματος $n=200$ και με μηδενικό όριο αποδοχής ελαττωματικών. Αν κατά τη διάρκεια του ελέγχου βρεθεί ένα ελαττωματικό τότε προτείνεται 100% έλεγχος. Το μοντέλο που αναπτύχθηκε οδήγησε σε μικρότερα μεγέθη παρτίδας συμπεριλαμβάνοντας μάλιστα το κόστος ποιότητας αλλά χρησιμοποίησε ένα καθορισμένο, απλό δειγματοληπτικό σχέδιο, τη διωνυμική κατανομή ενώ η όλη προσέγγιση περιορίζεται για την περίπτωση μεγάλων παρτίδων.

■ 2.2.3 Δειγματοληπτικά σχέδια πολλαπλών ιδιοτήτων

Σε περιπτώσεις όπου η λήψη απόφασης για την αποδοχή ή απόρριψη μιας παρτίδας εξαρτάται από την ποιότητα περισσότερων της μιας παραμέτρου, τα μονοδιάστατα δειγματοληπτικά σχέδια παρουσιάζουν αδυναμίες και δίνουν τη θέση τους στα πολυδιάστατα ένα από τα οποία παρουσιάζεται και με τη μορφή ελλειψοειδούς (Shakun, 1965). Το ελλειψοειδές χρησιμοποιείται και για την περίπτωση των χαρτών ελέγχου, όπου η περιοχή εντός του ελλειψοειδούς σημαίνει ότι η διαδικασία βρίσκεται σε στατιστικό έλεγχο. Ο συγγραφέας χρησιμοποιεί το ελλειψοειδές για να χαράξει και την περιοχή προδιαγραφών που δημιουργείται από πολυδιάστατες απαιτήσεις ή από συνδυασμό μονοδιάστατων απαιτήσεων.

Το δειγματοληπτικό σχέδιο που αναπτύσσεται είναι απλό και η διαδικασία δεν διαφέρει και πολύ από τα μονοδιάστατα σχέδια. Η ποιότητα του πληθυσμού περιγράφεται από το ποσοστό ελαττωματικών το οποίο έχει τη μορφή διάνυσματος με τόσες διαστάσεις όσες και οι εξεταζόμενες παράμετροι. Το διάνυσμα ακολουθεί πολυδιάστατη κανονική κατανομή με άγνωστο μέσο διάνυσμα αλλά γνωστό πίνακα συμμεταβλητότητας. Επίσης, απαιτείται ένα γνωστό διάνυσμα το οποίο θα έχει την τιμή στόχο για το μέσο διάνυσμα του πληθυσμού. Τέλος οι προδιαγραφές περιγράφονται από ένα ελλειψοειδές.

Η απόφαση για την αποδοχή της παρτίδας θα είναι θετική αν το μέσο διάνυσμα του δείγματος εμπριέχεται σε μια επιλεγμένη περιοχή αποδοχής που έχει τη μορφή ελλειψοειδούς. Το ελλειψοειδές αυτό δημιουργείται με την επιλογή του αριθμού αποδοχής c και του μεγέθους του δείγματος n ώστε να υπάρχει και συμφωνία με την απαιτούμενη χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας. Έτσι η πιθανότητα αποδοχής είναι η πιθανότητα το μέσο διάνυσμα να βρεθεί μέσα στο ελλειψοειδές αποδοχής.

Με την περιγραφόμενη θεωρητική διαδικασία, επιλέγοντας τις παραμέτρους c και n , μπορούν να σχεδιαστούν δειγματοληπτικά σχέδια ώστε δίνουν τις επιθυμητές χαρακτηριστικές καμπύλες. Αν η πιθανότητα αποδοχής, ή απόρριψης, της παρτίδας ζητηθεί να είναι μικρότερη από μια καθοριστική τιμή, τότε δεν προκύπτει μία χαρακτηριστικά καμπύλη, όπως στην περίπτωση της ισότητας, αλλά μια οικογένεια καμπυλών. Τέλος, η μέθοδος που περιγράφεται επιδεικνύεται και στο μετασχηματισμένο διανυσματικό χώρο όπου τα ελλειψοειδή αποδοχής και προδιαγραφών μετασχηματίζονται σε σφαίρες.

Εξ' άλλου, ο έλεγχος υποθέσεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά ως μέθοδος καθορισμού αν όλες οι ιδιότητες πληρούν τα κριτήρια αποδοχής (Berger, 1982). Κατά τον έλεγχο υποθέσεων, η άκυρη υπόθεση ορίζει ότι μία ή περισσότερες ιδιότητες δεν πληροί τα κριτήρια αποδοχής και η εναλλακτική υπόθεση ορίζει ότι όλες οι ιδιότητες πληρούν τα κριτήρια. Άρα η απόρριψη της άκυρης υπόθεσης οδηγεί σε αποδοχή του προϊόντος. Παράλληλα, η μέθοδος ελέγχει τα ρίσκα του παραγωγού και καταναλωτή. Συγκεκριμένα προκύπτει ότι η μέγιστη τιμή του ρίσκου του καταναλωτή εμφανίζεται όταν όλες εκτός από μία ιδιότητες είναι πολύ καλύτερες από τα κριτήρια ενώ μία μόλις που αποτυγχάνει να το προσεγγίσει. Αντίθετα, αν τουλάχιστον μία ιδιότητα απέχει πολύ από την προσέγγιση του κριτηρίου της, τότε το ρίσκο

του καταναλωτή προσεγγίζει το μηδέν. Επίσης, το μέγιστο ρίσκο του παραγωγού προκύπτει όταν όλες οι ιδιότητες οριακά ξεπερνούν το κριτήριο τους ενώ αν το ξεπερνούν κατά πολύ τότε τείνει προς το μηδέν. Τέλος, προκύπτει ότι σε σύγκριση με άλλες μεθόδους αυτή φαίνεται να ελαχιστοποιεί το ρίσκο του καταναλωτή.

Σε ανάλογες περιπτώσεις όπου οι έλεγχοι είναι καταστροφικοί χρησιμοποιούνται σχέδια πολλαπλών ιδιοτήτων καταστροφικού ελέγχου (Spreenak και Yu, 1987). Ο καταστροφικός έλεγχος σημαίνει ότι μία μόνο ιδιότητα μπορεί να ελεγχθεί σε κάθε αντικείμενο. Σύμφωνα με τα σχέδια αυτά υπάρχει αμοιβαία ανεξαρτησία και ισοδυναμία μεταξύ της πιθανότητας ύπαρξης ελαττωματικών για κάθε ιδιότητα. Ως ελαττωματικό χαρακτηρίζεται ένα προϊόν όταν οποιαδήποτε ιδιότητα χαρακτηριστεί ελαττωματική, όταν δηλαδή βρεθούν περισσότερα από τα καθορισμένα ελαττωματικά σε μία ιδιότητα. Προκύπτει ότι τα σχέδια αυτά πλεονεκτούν έναντι των απλών λόγω της μικρής αύξησης που προσφέρουν στο επίπεδο προστασίας του καταναλωτή, ενώ δεν προκαλούν αισθητή αύξηση στο ρίσκο του παραγωγού. Αντίθετα, ως μειονέκτημα παρουσιάζονται οι υποθέσεις για το άπειρο μέγεθος της παρτίδας και οι υποθέσεις για την ανεξαρτησία και ισοδυναμία των πιθανοτήτων απόρριψης. Επίσης, το συνολικό μέγεθος δείγματος που απαιτείται είναι μικρότερο από το σύνολο των δειγμάτων που απαιτούνται για κάθε έλεγχο με τα απλά σχέδια αρκεί το συνολικό LTPD να είναι μεγαλύτερο από κάθε LTPD για κάθε ιδιότητα.

■ 2.2.4 Δειγματοληπτικά σχέδια για επιθεωρήσεις δειγμάτων που περιέχουν σφάλματα

Τα παραδοσιακά σχέδια δειγματοληψίας αποδοχής είτε υποθέτουν ότι ο έλεγχος των αντικειμένων είναι αλάνθαστος ή απλά δεν μπορούν να λάβουν υπό όψιν τους λάθη που οφείλονται στους ελεγκτές, τα εργαλεία ή τις υπολογιστικές μεθόδους (Fard και Kim, 1993). Παρόλα αυτά τα λάθη αυτά έχουν σημαντική επίδραση στο μέγεθος του δείγματος, στα λάθη τύπου I και II, στη μέση εξερχόμενη ποιότητα και στη χαρακτηριστική καμπύλη.

Για την ανάλυση της επίδρασης των λαθών ελέγχου, οι συγγραφείς αναπτύσσουν ένα πρόγραμμα προσομοίωσης που συγκρίνει την τέλεια και την ατελή δειγματοληψία. Θεωρείται ότι η απόδοση του ελεγκτή είναι σταθερή ή μεταβλητή σε σχέση με τον πραγματικό αριθμό ελαττωματικών ανά παρτίδα, ενώ η απόφαση αποδοχής βασίζεται στον αριθμό των ανιχνεύσιμων ελαττωματικών. Επίσης υποτίθεται ότι τα πραγματικά ελαττωματικά και τα ανιχνεύσιμα ελαττωματικά ακολουθούν τη διωνυμική κατανομή. Για του υπολογισμό χρησιμοποιούνται διάφορες τιμές της πιθανότητας απόρριψης ενός καλού αντικειμένου, ενώ αναλύεται η περίπτωση σταθερού και μεταβλητού ποσοστού ελαττωματικών.

Προκύπτει ότι η καμπύλη OC της μη τέλει επιθεώρησης οδηγεί σε μικρότερες πιθανότητες αποδοχής για μικρά ποσοστά ελαττωματικών και σε μεγαλύτερες για μεγάλα ποσοστά από ότι η καμπύλη OC της τέλει. Επίσης, καθώς αυξάνεται το μέγεθος του δείγματος και ο μέγιστος αριθμός αποδεκτών ανά παρτίδα, αυξάνεται και η επίδραση των λαθών ελέγχου στις πιθανότητες αποδοχής. Η επίδραση αυτή είναι πιο μεγάλη για το μεταβλητό ποσοστό ελαττωματικών παρά για το σταθερό. Τέλος οι καμπύλες OC δείχνουν ότι τα λάθη τύπου I και II αυξάνονται λόγω των λαθών ελέγχου και άρα τα λάθη αυτά θα πρέπει να συνεκτιμηθούν οδηγώντας σε πιο ρεαλιστικά σχέδια.

Ειδικά όταν αγνοούνται κατά το σχεδιασμό του σχεδίου τα σφάλματα αποδοχής που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας αποδοχής και οφείλονται σε ανθρώπινους παράγοντες, υπάρχει περίπτωση να διαταραχθούν τα αναμενόμενα ποιοτικά αποτελέσματα (Sylla και Drury, 1995). Σκοπός των συγγραφέων είναι να αποδείξουν ότι η γνώση των σφαλμάτων αυτών μπορεί να βοηθήσει στο σχεδιασμό δειγματοληπτικών σχεδίων που αποζημιώνουν για αυτά τα σφάλματα. Τα σφάλματα αυτά προκύπτουν από την έμφυτη αδυναμία του ανθρώπου να διατηρήσει την προσοχή του συγκεντρωμένος σε κάτι και ενισχύονται από ψυχολογικές καταστάσεις όπως το στρες και τις φυσικές συνθήκες εργασίας όπως άνεση, θόρυβος, φωτισμός κλπ. Το μοντέλο που αναπτύσσεται χρησιμοποιεί τη θεωρία ανίχνευσης σημάτων (SDT) για να προβλέψει την απόδοση του ελεγκτή ώστε να βελτιώσει την απόδοση του σχεδίου. Η απόδοση του ελεγκτή εκφράζεται από τα μεγέθη ρ_1 , ρ_2 που είναι αντίστοιχα η πιθανότητα αποδοχής ενός καλού και απόρριψης ενός ελαττωματικού προϊόντος. Έτσι το ποσοστό ελαττωματικών αποκτά μια νέα έννοια καθώς δεν είναι αυτό που πραγματικά βρίσκεται στο δείγμα, ρ' , αλλά αυτό που ο ελεγκτής νομίζει ότι υπάρχει, δηλαδή η πιθανότητα να απορρίψει ένα αντικείμενο, ρ_E' . Το μέγεθος ρ_E' μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη θέση του ρ' για τον επανασχεδιασμό δειγματοληπτικών σχεδίων που θα προβλέπουν την ανθρώπινη συμπεριφορά και τελικά θα λειτουργούν σωστά. Η τακτική όμως αυτή αφ' ενός οδηγεί σε μεγάλα μεγέθη δειγμάτων και αφ' ετέρου απαιτεί να γίνονται υποθέσεις για την απόδοση του επιθεωρητή.

Οι πιθανότητες όμως αποδοχής και απόρριψης καλών και ελαττωματικών αντικειμένων συνδέονται με αντίστοιχα κόστη και κέρδη. Οι συγγραφείς εισάγουν την έννοια της αστάθειας, m , που μετριέται στην κλίμακα από το 0 έως το 1 για να χαρακτηρίσει την ικανότητα του ελεγκτή να αντιδράσει στα αντίστοιχα κόστη, κέρδη και πιθανότητες. Η θεωρία SDT χρησιμοποιείται έτσι ώστε ο επιθεωρητής να χαρακτηρίζει ως “σήμα” τα ελαττωματικά και ως “θόρυβο” τα καλά προϊόντα. Επίσης αναπτύσσεται ένα υπολογιστικό πρόγραμμα που σχεδιάζει δύο καμπύλες OC για την περίπτωση χωρίς σφάλματα ελέγχου και για την περίπτωση ύπαρξης σφαλμάτων ελέγχου.

Έτσι καθώς η αστάθεια αυξάνεται, αυξάνεται και το μέγεθος του δείγματος που απαιτείται για έλεγχο χωρίς σφάλματα. Επίσης, όσο αυξάνεται η διακρισιμότητα, η ευκολία δηλαδή με την οποία το σήμα διακρίνεται από το θόρυβο, μειώνεται το μέγεθος του δείγματος. Ακόμα, με τη μείωση του μεγέθους του δείγματος μειώνεται και το κρίσιμο μέγιστο όριο ελαττωματικών. Επιπρόσθετα για χαμηλές τιμές της διακρισιμότητας και υψηλές τιμές του κόστους, το μέγεθος του δείγματος παραμένει σταθερό και κοντά στην επιθυμητή τιμή μιας αλάνθαστης επιθεώρησης. Άρα το συμπέρασμα είναι ότι για κάποιες συνθήκες, ο ασταθής ελεγκτής μπορεί να βελτιώσει την αποδοτικότητα του συστήματος αποδοχής μειώνοντας το μέγεθος του δείγματος, ενώ οι συνθήκες αυτές δε διαφέρουν και πολύ από την πραγματικότητα.

■ 2.2.5 Δειγματοληπτικά σχέδια με διαφορετικούς χειρισμούς του πληθυσμού και του δείγματος

Το απλό δειγματοληπτικό σχέδιο αποδοχής με διαφορετικού μεγέθους ελεγχόμενα δείγματα είναι ένας διαφορετικός τύπος σχεδίου (Read και Beattie, 1961). Οι συγγραφείς παρουσιάζουν παλαιότερα δειγματοληπτικά σχέδια, τα τρωτά τους σημεία καθώς και τον τρόπο με τον οποίο το σχέδιο που προτείνουν τα καλύπτει. Έτσι, όλα τα σχέδια που είχαν αναπτυχθεί έως τότε είχαν το μειονέκτημα της μεγάλης διασποράς στο συνολικό χρόνο ελέγχου. Τα έως τότε σχέδια βασίζονταν στο σκεπτικό ότι από τη στιγμή που ένα δείγμα κριθεί απορριπτό, όλα τα επόμενα δείγματα θα πρέπει να υποβάλλονται σε 100% έλεγχο. Αντίθετα το σχέδιο που προτείνεται, υποβάλλει σε 100% έλεγχο μόνο το δείγμα που απορρίπτεται και όχι τα επόμενα. Η δειγματοληψία σταματά όταν η μονάδες έχουν ελεγχθεί ή όταν $c+1$ ελαττωματικές μονάδες αντικαθιστούνται από σωστές. Διευκρινίζεται ότι το σχέδιο που προτείνεται δεν είναι ένα συνεχόμενο δειγματοληπτικό σχέδιο, ενώ το μεγάλο του πλεονέκτημα είναι ότι η απόφαση αποδοχής ή απόρριψης αφορά μόνο το δείγμα στο οποίο γίνεται ο έλεγχος και όχι μελλοντικά δείγματα. Έτσι ο 100% έλεγχος υποβάλλεται μόνο στο ελαττωματικό δείγμα και όχι στα επόμενα που πιθανώς να είναι και σωστά. Με τη χρήση του

προτεινόμενου σχεδίου ο αριθμός των ελεγχόμενων μονάδων ποικίλλει σε αντίθεση με προηγούμενα σχέδια που ο αριθμός αυτός είναι σταθερός. Η επιλογή του συγκεκριμένου σχεδίου γίνεται αφού καθοριστούν παράμετροι όπως το AQL και το LTPD. Η καμπύλη OC δεν έχει διαφορά από τα σχέδια με καθορισμένο αριθμό ελεγχόμενων μονάδων. Επίσης μια ακόμα διαφορά με τα σταθερού μεγέθους σχέδια είναι ότι η πιθανότητα ενός δείγματος να απορριφθεί δεν είναι ίση αλλά μικρότερη από την πιθανότητα να γίνει αποδεκτό.

Τέλος, οι συγγραφείς αποδεικνύουν ότι το συνολικό μέγεθος του ελέγχου, δηλαδή το μέγεθος δειγματοληψίας και το μέγεθος του 100% ελέγχου, είναι μικρότερο από το αντίστοιχο των σχεδίων σταθερού μεγέθους ελεγχόμενων δειγμάτων για τις ίδιες παραμέτρους n και c .

Κατά τη Bayesian θεώρηση, ο σχεδιασμός και η επιλογή του δειγματοληπτικού σχεδίου είναι σημαντικά αλλά ο τρόπος που γίνεται η δειγματοληψία δεν επηρεάζει την ανάλυση (Solomon και Zacks, 1970). Η προσέγγιση της Bayesian θεωρίας αφορά την περίπτωση όπου μία εκ των προτέρων κατανομή είναι δύσκολο να αποδοθεί σε έναν πληθυσμό αλλά εύκολο για την παράμετρο που ενδιαφέρει. Η προσέγγιση αυτή, αντίθετα με την κλασσική Bayesian μέθοδο, απαιτεί μια τυχαιότητα στην επιλογή των δειγμάτων.

Κατά τη στρωματοποιημένη δειγματοληψία ο πληθυσμός χωρίζεται σε μη επικαλυπτόμενες ομάδες και στη συνέχεια επιλέγεται ένα τυχαίο δείγμα από κάθε ομάδα. Το χαρακτηριστικό είναι ότι τα στρώματα παρουσιάζουν ανομοιογένεια μεταξύ τους, ενώ οι μονάδες των στρωμάτων παρουσιάζουν ομοιογένεια. Η στρωματοποίηση αφορά την ταξινόμηση των αντικειμένων ενός πεπερασμένου πληθυσμού σε καθορισμένο αριθμό στρωμάτων κατά βέλτιστο τρόπο ώστε η μεταβλητότητα της παραμέτρου που ενδιαφέρει μεταξύ των δειγμάτων να είναι ελάχιστη. Κατά τη Bayesian θεώρηση η ταξινόμηση αυτή γίνεται σύμφωνα με την εκ των προτέρων διαθέσιμη κατανομή των αντικειμένων αλλά μιας και μια τέτοια πληροφορία δεν είναι γνωστή δεν υπάρχει θέμα στρωματοποίησης κατά τη Bayesian θεώρηση.

Αλλά όταν τα στρώματα καθορίζονται εκ των προτέρων έχουν αναπτυχθεί βέλτιστες λύσεις για το μέγεθος τους. Κάποιες από τις βέλτιστες αυτές λύσεις περιλαμβάνουν θέματα ελαχιστοποίησης του κόστους της δειγματοληψίας.

Αυτό που επιτυγχάνει η στρωματοποιημένη σε σχέση με την απλή δειγματοληψία είναι (Δαμιανός, 1992):

- a) το συνολικό κόστος δειγματοληψίας είναι μικρότερο
- b) παράλληλα με τα συμπεράσματα για τον πληθυσμό προκύπτουν και συμπεράσματα για κάθε στρώματα
- c) επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ακρίβεια στην εκτίμηση των παραμέτρων
- d) το δείγμα που επιλέγεται τελικά είναι πιο αντιπροσωπευτικό.

Μια παρόμοια με την στρωματοποιημένη μέθοδο είναι και η κατά συστάδες δειγματοληψία (Δαμιανός, 1992). Η διαφορά είναι ότι στην κατά συστάδες δειγματοληψία, οι συστάδες είναι όσο το δυνατόν ομοιογενείς και τα στοιχεία που τις απαρτίζουν είναι ανομοιογενή. Οι δύο παραπάνω μέθοδοι μπορούν να συνδυαστούν χωρίζοντας τον πληθυσμό σε στρώματα και μετά κάθε στρώμα σε συστάδες. Το χαρακτηριστικό της είναι ότι τα στρώματα είναι όσο το δυνατό ομοιογενή ως προς τις μονάδες που το απαρτίζουν και ανομοιογενή μεταξύ τους, ενώ οι συστάδες είναι ομοιογενείς μεταξύ τους και αποτελούνται από ανομοιογενή στοιχεία.

Η δειγματοληψία αποδοχής δεν συμβαίνει πάντοτε σε ένα αμερόληπτο περιβάλλον. Συχνά το δείγμα ή πληθυσμός ή και τα δύο αλλοιώνονται σε κάποιο άγνωστο βαθμό ώστε να επιτευχθούν κάποιοι σκοποί όπως για παράδειγμα η συμμόρφωση στους κανονισμούς ή στις προδιαγραφές (Dresher και Moglewier, 1980). Σε τέτοιες περιπτώσεις η δειγματοληψία θα πρέπει να προφυλαχθεί από τέτοια ενδεχόμενα αλλά και από πιθανή χρήση των δειγματοληπτικών σφαλμάτων ως μέσο συγκάλυψης της αλλοίωσης. Άρα εκτός από τους τυχαίους παράγοντες, το αποτέλεσμα της δειγματοληψίας εξαρτάται και από τις κινήσεις του προσώπου που προκαλεί την αλλοίωση και καλείται “εκτροπέας” και του προσώπου που προσπαθεί να την ανιχνεύσει και να την αντισταθμίσει και καλείται “αμυνόμενος”. Η κλασική στατιστική δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε τέτοιες καταστάσεις καθώς προβλέπει μόνο στοχαστικές διαδικασίες όπου δηλαδή όλα είναι τυχαία και αμερόληπτα. Εναλλακτικά, οι συγγραφείς θεωρούν ότι η θεωρία των παιγνίων είναι πιο κατάλληλη. Η θεωρία των παιγνίων χρησιμοποιείται για να δώσει την κατανομή της πιθανότητας της διαφοράς του πραγματικού αποθέματος από το απόθεμα που μετρήθηκε, ώστε να μπορούν να εξαχθούν στατιστικά συμπεράσματα για την αλλοίωση δοθέντος της διαφοράς αυτής. Για να γίνει αυτό χρησιμοποιείται μια συνάρτηση απόδοσης του κέρδους αν βρεθεί η αλλοίωση και του κόστους αν χρειαστεί να κλείσει η επιχείρηση μέχρι να βρεθεί η αλλοίωση.

Η επαναδειγματοληψία μιας παρτίδας γίνεται όταν το αρχικό αποτέλεσμα αμφισβητείται ή όταν ο προμηθευτής έχει αυτή τη δυνατότητα βασιζόμενος στην εμπειρία του για την ποιότητα του προϊόντος του (Govindaraju και Gansalingam, 1997). Οι συγγραφείς χρησιμοποιούν για την ανάλυση της επαναδειγματοληψίας το μονό σχέδιο λόγω της απλότητας του και της διαδεδομένης του χρήσης. Όταν με την αρχική δειγματοληψία η παρτίδα απορριφθεί τότε δίνεται μια δεύτερη ευκαιρία στην παρτίδα όπως και στο διπλό δειγματοληπτικό σχέδιο με τη διαφορά ότι τα αποτελέσματα της αρχικής δειγματοληψίας δεν χρησιμοποιούνται. Η επαναδειγματοληψία χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου η διαδικασία ελέγχου δεν είναι πάντα ακριβής ή είναι δύσκολη η επιλογή ενός τυχαίου δείγματος. Η δειγματοληψία μπορεί να γίνει συνολικά m φορές και τελικά η παρτίδα να απορριφθεί αν το δείγμα κριθεί μη αποδεκτό κατά τον $(m-1)$ επανέλεγχο. Συνήθως όμως $m=2$ δηλαδή γίνεται μόνο μία επαναδειγματοληψία. Η επαναδειγματοληψία ακολουθεί την ίδια μαθηματική διαδικασία όπως η κανονική δειγματοληψία και δοθέντος των AQL, LTPD, και του ρίσκου του παραγωγού και καταναλωτή μπορεί να βρεθεί το μέγεθος του δείγματος και το όριο αποδεκτών. Μια ανάλογη μέθοδος είναι και αυτή της δειγματοληψίας με επανάθεση, όπου κάθε μονάδα μετά τον έλεγχο επανατοποθετείται στον πληθυσμό για την επόμενη δειγματοληψία (Δαμιανός, 1992).

Παρατηρείται ότι όσο χειροτερεύει η ποιότητα της παρτίδας τόσο αυξάνει το μέγεθος του δείγματος κατά την επαναδειγματοληψία, ενώ για χαμηλά επίπεδα ελαττωματικών απαιτεί μικρότερα μεγέθη δείγματος από το μονό δειγματοληπτικό σχέδιο. Για σχεδόν τέλεια επίπεδα ποιότητας αποδεικνύεται ότι απαιτείται $m=3$ οπότε υπάρχουν προφανείς ομοιότητες με το πολλαπλό δειγματοληπτικό σχέδιο με τη διαφορά ότι το πολλαπλό απαιτεί λιγότερο δείγμα αλλά παρουσιάζει δυσκολίες εφαρμογής. Τέλος, η πιο χρήσιμη εφαρμογή της επαναδειγματοληψίας είναι στην περίπτωση της απλής δειγματοληψίας με μηδενικό όριο αποδοχής. Στην περίπτωση αυτή η καμπύλη OC της επαναδειγματοληψίας αποκτά μια ικανότητα διάκρισης που η καμπύλη του απλού σχεδίου δεν είχε με μια παράλληλη αύξηση του μεγέθους του δείγματος.

Τα δειγματοληπτικά σχέδια που χρησιμοποιούν αποτελέσματα δειγματοληψίας συγγενών παρτίδων που παράγονται από μια συνεχή παραγωγική διαδικασία ονομάζονται δειγματοληπτικά σχέδια υπό όρους (Govindaraju, 1997). Αν πρόκειται για προηγούμενες συγγενείς παρτίδες τότε τα σχέδια καλούνται “εξαρθώμενα“, αν χρησιμοποιούνται μελλοντικές καλούνται “αναβληθέντα“, ενώ υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιούνται συνδυασμοί προηγούμενων και επόμενων παρτίδων. Η ιδιότητα των σχεδίων αυτών είναι ότι παράγουν ισοδύναμες χαρακτηριστικές καμπύλες με τα κλασσικά σχέδια. Η δειγματοληψία υπό όρους για το μονό σχέδιο χρησιμοποιείται όταν η παραγωγική διαδικασία είναι σταθερή με σταθερό ποσοστό ελαττωματικών και οι παρτίδες εισέρχονται σειριακά για έλεγχο όπως παράγονται. Η διαδικασία ξεκινά με τη λήψη δείγματος μεγέθους n από την ελεγχόμενη παρτίδα και από m ακόμα συγγενείς προηγούμενες ή επόμενες παρτίδες. Αν ο συνολικός αριθμός ελαττωματικών στις $(m+1)$ παρτίδες είναι μεγαλύτερος από το όριο αποδοχής A_c , η παρτίδα απορρίπτεται αλλιώς γίνεται αποδεκτή. Άρα τα σχέδια αυτά χαρακτηρίζονται από τρεις παραμέτρους: το μέγεθος του δείγματος, το όριο αποδοχής και τον αριθμό των συγγενών παρτίδων. Ένα μονό δειγματοληπτικό σχέδιο υπό όρους έχει την ίδια καμπύλη OC με ένα κλασσικό μονό σχέδιο με μέγεθος δείγματος $n(m+1)$ και όριο αποδοχής A_c . Άρα μιας και το μονό σχέδιο υπό όρους απαιτεί ένα δείγμα το οποίο είναι το $1/(m+1)$ του κλασσικού μονού σχεδίου η εξοικονόμηση που προκύπτει είναι προφανής ακόμα και για μικρές τιμές του m .

Στα διπλά και πολλαπλά σχέδια υπό όρους, το μέγεθος του δείγματος είναι σταθερό και ίσο με αυτό του πρώτου σταδίου των κλασσικών διπλών και πολλαπλών αντίστοιχα. Το πολλαπλό σχέδιο υπό όρους απαιτεί μεγαλύτερο δείγμα από το διπλό υπό όρους και ακόμα μεγαλύτερο από το μονό υπό όρους. Γενικά πάντως το μονό σχέδιο υπό όρους μπορεί να παρουσιάσει μεγάλη μείωση στο μέγεθος του δείγματος σε σχέση με τα υπόλοιπα σχέδια υπό όρους αλλά και τα κλασσικά και για αυτό θα πρέπει να προτιμείται όταν το επίπεδο της ποιότητας της διαδικασίας είναι σταθερό. Σε αντίθετη περίπτωση θα πρέπει να χρησιμοποιούνται τα αναβληθέντα δειγματοληπτικά σχέδια

Ένα δειγματοληπτικό σχέδιο με ασυνεχείς δειγματοληψίες, (Kim και Yum, 2000), αποτελεί εξέλιξη του υβριδικού σχεδίου στο οποίο μόνο μία δειγματοληψία γίνεται κατά το χρόνο ελέγχου. Η ανάπτυξη ενός τέτοιου μοντέλου σκοπό έχει να διερευνήσει αν οι επιπλέον δειγματοληψίες βελτιώνουν τη συμπεριφορά του υβριδικού. Το μοντέλο που παρουσιάζεται συγκρίνεται τόσο με το υβριδικό όσο και με το σχέδιο τύπου I το οποίο χρησιμοποιεί συνεχή δειγματοληψία κατά το χρόνο ελέγχου. Τα κριτήρια της σύγκρισης είναι ο αριθμός του απαιτούμενου δείγματος και ο απαιτούμενος χρόνος μέχρι να ληφθεί η απόφαση για την αποδοχή ή την απόρριψη της παρτίδας. Στο σχέδιο που αναπτύσσεται θεωρείται ότι το ελεγχόμενο χαρακτηριστικό των δειγμάτων που είναι ο χρόνος ζωής τους ακολουθεί εκθετική κατανομή. Το σχέδιο που παρουσιάζεται διακρίνεται σε δύο κατηγορίες οι οποίες συγκρίνονται εναλλάξ με τα άλλα σχέδια: α) σχέδιο με δειγματοληψίες σε ίσα χρονικά διαστήματα και β) σχέδιο με ίση πιθανότητα αποτυχίας του δείγματος.

Από τις συγκρίσεις συμπεραίνεται ότι το μέγεθος του δείγματος δεν μεταβάλλεται αισθητά με τα συγκρινόμενα σχέδια, ενώ δεν μπορεί να ληφθεί γενικά απόφαση για το ποιο σχέδιο απαιτεί το λιγότερο χρόνο απόφασης. Άρα το υβριδικό σχέδιο είναι καλύτερα να χρησιμοποιείται κατά προτίμηση μιας και είναι πιο εύκολο στην εφαρμογή από τα άλλα συγκρινόμενα. Παρόλα αυτά το προτεινόμενο σχέδιο για ορισμένες συνθήκες μπορεί να μειώσει σημαντικά το χρόνο απόφασης και άρα να προτιμηθεί.

Η δειγματοληψία αποδοχής προκειμένου να εξασφαλίσει την αξιοπιστία ενός προϊόντος, δεν ασχολείται μόνο με τον έλεγχο νέων ή εισερχομένων αντικειμένων αλλά ελέγχει και προϊόντα που έχουν υποστεί κάποια χρήση (Sohn και Jang, 2001). Τα δεδομένα που προκύπτουν από τον έλεγχο χρησιμοποιημένων προϊόντων καλούνται υποβαθμισμένα δεδομένα και συγκρίνονται με αντίστοιχα που προκύπτουν πριν τεθεί το προϊόν σε κυκλοφορία. Ο έλεγχος υποβαθμισμένων δεδομένων, απαιτεί τη λήψη ενός δείγματος και άρα η επιλογή ενός δειγματοληπτικού σχεδίου είναι σημαντική.

Το σχέδιο που προτείνεται ξεκινά με τη λήψη ενός δείγματος μεγέθους N το οποίο αποφασίζεται με βάση το κόστος του πειράματος. Στη συνέχεια, ορίζεται το ποσοστό ελαττωματικών, ρ , ως η πιθανότητα να είναι ο λόγος της αναμενόμενης τελικής προς την αναμενόμενη αρχική απόδοση μικρότερος από μια κρίσιμη ποσοστιαία μείωση, ρ_c . Ακολούθως το ρ εκτιμάται με βάση τα υποβαθμισμένα δεδομένα και σύμφωνα με το στατιστικό μοντέλο. Έπειτα, απαιτείται ο ορισμός μιας κρίσιμης τιμής, c , που παριστάνει τον αριθμό των προϊόντων μέσα από το δείγμα N για τα οποία ο λόγος τελικής προς αρχικής απόδοσης είναι μικρότερος του ρ_c κάτι που οδηγεί σε απόρριψη της παρτίδας. Τέλος, ο αριθμός c υπολογίζεται ώστε η πιθανότητα απόρριψης της παρτίδας με ποσοστό ελαττωματικών ρ να είναι μικρότερη από μια τιμή α . Το παραπάνω σχέδιο ξεκινά με την επιλογή του δείγματος N , κάτι που δεν είναι πάντα γνωστό. Οι συγγραφείς συιστούν να υπολογίζεται η κρίσιμη τιμή του c αντί να επιλέγεται το N ως δεδομένο.

■ 2.2.6 Λοιπές μέθοδοι δειγματοληψίας και είδη σχεδίων

Τα διαγράμματα ελέγχου Shewhart προτείνονται ως μέθοδος δειγματοληψίας αποδοχής (Beattie, 1962). Χρησιμοποιούνται σε διαδικασίες συνεχούς παραγωγής και σκοπός τους είναι η λήψη απόφασης για τη συνέχιση ή τον τερματισμό της αποδοχής των προϊόντων. Σύμφωνα με το

συγγραφέα αυτό που το διαφοροποιεί από τα υπάρχοντα δειγματοληπτικά σχέδια είναι ότι δεν απαιτεί την ταυτόχρονη υποβολή σε μεταβλητό αριθμό επιθεωρήσεων και σε 100% έλεγχο. Αυτό που θέλει να πετύχει η μέθοδος αυτή είναι η διάγνωση της δυνατότητας του προϊόντος να γίνει αποδεκτό πριν περισσότερη αξία προστεθεί σε αυτό. Η μέθοδος που αναπτύσσεται είναι μια εξέλιξη προηγούμενων προσπαθειών και η εξέλιξη συνίσταται στο ότι μπορεί όχι μόνο να σηματοδοτεί τον τερματισμό της αποδοχής των δειγμάτων αλλά και την επανέναρξη. Σε ένα τέτοιο διάγραμμα παριστάνεται ο συνολικός αριθμός των ελαττωματικών μείον μία τιμή αναφοράς σε σχέση με τις εκάστοτε τιμές αυτής της ποσότητας. Το διάγραμμα χωρίζεται σε δύο περιοχές από μία οριζόντια γραμμή σε μία προκαθορισμένη τιμή που παριστάνει την τιμή λήψης της απόφασης. Όταν ο συνολικός αριθμός είναι κάτω από την τιμή αυτή το προϊόν γίνεται αποδεκτό αλλιώς απορρίπτεται. Έτσι καθώς ο συνολικός αριθμός κινείται στις δύο περιοχές λαμβάνεται η απόφαση για το πότε θα σταματήσει η αποδοχή του δείγματος και πότε θα ξεκινήσει ξανά.

Με τη μέθοδο αυτή μπορεί να σχεδιαστεί η καμπύλη OC η οποία θα είναι τύπου C που δείχνει την πιθανότητα να γίνει ένα δείγμα αποδεκτό σε σχέση με την ποιότητα των εισερχομένων κομματιών. Η καμπύλη αυτή μπορεί να κατασκευαστεί για διάφορες τιμές παραμέτρων. Η διαφορά της μεθόδου με αυτή των μεταβλητού μεγέθους δειγμάτων είναι ότι ο 100% έλεγχος μπορεί να γίνει αργότερα και όχι αμέσως μετά την απόρριψη. Η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την παράσταση συνολικού αριθμού μεταβλητών αντί για συνολικού αριθμού ελαττωματικών όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν ποσοστά ελαττωματικών όπως σε ανάλογα δειγματοληπτικά σχέδια και να σχεδιαστεί η αντίστοιχη καμπύλη OC.

Μια προσεγγιστική μέθοδος για το σχεδιασμό της χαρακτηριστικής καμπύλης προτείνεται όπου μπορεί να εφαρμοστεί σε περιπτώσεις δειγμάτων που έχουν εκλεγεί τυχαία από μια κανονικά κατανομή και τα κριτήρια αποδοχής περιλαμβάνουν όρια για τη μέση τιμή του δείγματος αλλά και για μεμονωμένες τιμές του (Elder και Muse, 1982). Συγκεκριμένα ένα δείγμα δεν πληροί τα κριτήρια αποδοχής όταν η μέση τιμή του ξεπερνά το μέσο όριο ή το μεμονωμένο όριο παραβιάζεται περισσότερες από έναν καθορισμένο αριθμό φορές.

Για τον έλεγχο της προσέγγισης χρησιμοποιείται ένα υπολογιστικό πρόγραμμα σε FORTRAN IV το οποίο υπολογίζει την ακριβή πιθανότητα αποδοχής αλλά και την προσέγγιση για διάφορες τιμές δειγμάτων, μεγίστου αριθμού παραβίασης μεμονωμένης τιμής και ρίσκου του παραγωγού. Προκύπτει ότι το σφάλμα μεταξύ των δύο τιμών είναι πολύ μικρό και γενικά βελτιώνεται όσο μειώνεται το ρίσκο του παραγωγού και αυξάνεται το μέγεθος του δείγματος ενώ αντίθετα το σφάλμα αυξάνεται με την αύξηση του μεγίστου επιτρεπόμενου αριθμού παραβίασης μεμονωμένων παρατηρήσεων.

Το δειγματοληπτικό σχέδιο μεταβλητών τριών κατηγοριών αναπτύσσεται ως εναλλακτική μορφή του αντίστοιχου σχεδίου ιδιοτήτων (Newcombe και Allen, 1988). Τα σχέδια αυτά χρησιμοποιούνται στις περιπτώσεις όπου υπάρχει μια περιοχή μεταξύ αποδεκτών και μη αποδεκτών για την οποία δεν μπορεί να γίνει διάκριση.

Τα σχέδια αυτά διαθέτουν δύο όρια προδιαγραφών, άνω ή κάτω, ώστε να διακρίνουν τα αντικείμενα σε τρεις κατηγορίες: αποδεκτά, μη αποδεκτά και οριακά αποδεκτά. Τα όρια αυτά επιλέγονται σε σχέση με το ρίσκο του καταναλωτή. Η ποιότητα της παρτίδας καθορίζεται από το ποσοστό των μη αποδεκτών και το ποσοστό των οριακά αποδεκτών. Ένα αντικείμενο κρίνεται ως οριακά αποδεκτό αν είναι μεταξύ των δύο άνω, ή κάτω, ορίων προδιαγραφών και ως μη αποδεκτό αν είναι πάνω από το ανώτερο, ή κάτω από το κατώτερο, όριο προδιαγραφών. Ένα τέτοιο σχέδιο μεταβλητών θα είναι εναλλακτικό του αντιστοίχου των ιδιοτήτων αν οι χαρακτηριστικές καμπύλες ταυτίζονται και επειδή είναι αδύνατη η πλήρης ταύτιση αναζητείται η ταύτιση σε επιλεγμένα σημεία. Για να βρεθεί το σχέδιο μεταβλητών απαιτείται το μέγεθος του δείγματος και οι παράμετροι K_1 , K_2 που σχετίζονται με τα κριτήρια αποδοχής και απόρριψης της παρτίδας. Για το σκοπό αυτό επιλέγονται τρία σημεία της καμπύλης OC. Τα σημεία αυτά επιλέγονται με το σκεπτικό ότι όταν δεν υπάρχουν μη αποδεκτά αντικείμενα και ένα μικρό ποσοστό οριακά αποδεκτών, η παρτίδα γίνεται αποδεκτή με μεγάλη πιθανότητα. Αντίθετα αν υπάρχει ένα σχετικά μεγάλο ποσοστό οριακά αποδεκτών και κανένα μη αποδεκτό, η παρτίδα απορρίπτεται με μεγάλη πιθανότητα. Τέλος, αν υπάρχει μικρό ποσοστό μη αποδεκτών και δεν υπάρχουν οριακά αποδεκτά αντικείμενα, η παρτίδα απορρίπτεται με μεγάλη πιθανότητα.

Για την επίδειξη της μεθόδου ταύτισης χρησιμοποιείται ένα παράδειγμα από τη βιομηχανία τροφίμων που χαρακτηρίζεται από ένα σχέδιο ιδιοτήτων τριών κατηγοριών. Με τη μέθοδο που προτείνεται η καμπύλη OC του σχεδίου μεταβλητών περνά από τα τρία επιλεγμένα σημεία. Το σχέδιο που προκύπτει από αυτό αλλά και άλλα παραδείγματα χαρακτηρίζεται από μικρότερο μέγεθος δείγματος, έως και 50%, ενώ η διακρισιμότητα της καμπύλης OC δεν επηρεάζεται. Παρατηρείται ότι καθώς το ποσοστό των οριακά αποδεκτών αυξάνεται, χωρίς να αλλάζει το ποσοστό των μη αποδεκτών, η πιθανότητα αποδοχής της παρτίδας μειώνεται. Τέλος, το πλεονέκτημα του σχεδίου τριών κατηγοριών έναντι του κλασσικού δύο κατηγοριών είναι ότι μπορεί να διακρίνει μεταξύ οριακά αποδεκτών και μη αποδεκτών όταν το μετρούμενο χαρακτηριστικό απαιτεί την ύπαρξη τριών κατηγοριών.

Το δειγματοληπτικό σχέδιο της Philips αναπτύχθηκε το 1949 και χρησιμοποιεί το σημείο αδιάφορης ποιότητας, το σημείο δηλαδή όπου η πιθανότητα αποδοχής είναι 50%, για να κατατάξει τα διάφορα σχέδια. Σύμφωνα με αυτό το σχέδιο, η πιθανότητα λήψης μιας εσφαλμένης απόφασης διαμοιράζεται εξ' ίσου στον παραγωγό και στον καταναλωτή. Επίσης στο σημείο αδιάφορης ποιότητας η διακρισιμότητα μεταξύ αποδεκτού και απορριπτού προϊόντος είναι περίπου σταθερή. Όσον αφορά το μέγεθος του δείγματος αυτό είναι σχετικά υψηλό για σχέδια που έχουν ως στόχο την μέγιστη προστασία του καταναλωτή αλλά μειώνεται με την μείωση του επιθυμητού επιπέδου ποιότητας. Τέλος για μεγέθη παρτίδων μικρότερα του 1000, προτείνεται η μονή δειγματοληψία και σε αντίθετη περίπτωση προτείνεται η διπλή με το μέγεθος του δείγματος στο δεύτερο στάδιο να είναι ίσο με το διπλάσιο του πρώτου (Grant & Leavenworth, 1988).

Γενικά τα δειγματοληπτικά σχέδια μεταβλητών προτιμούνται έναντι αυτών των ιδιοτήτων για τις περιπτώσεις όπου το χαρακτηριστικό που ενδιαφέρει είναι ο χρόνος ζωής ενός προϊόντος. Το πλεονέκτημα τους έγκειται στο ότι απαιτούν μικρότερο μέγεθος δείγματος αρκεί να ελεγχθεί όλο το δείγμα. Επειδή όμως κάτι τέτοιο είναι χρονοβόρο, εξετάζονται σχέδια μεταβλητών που τερματίζονται πριν ελεγχθούν όλες οι μονάδες του δείγματος (Schneider, 1989). Τα σχέδια αυτά διακόπτονται μετά από ένα καθορισμένο

χρόνο ή μετά από ένα καθορισμένο αριθμό αστοχιών και σε μια τέτοια περίπτωση καλούνται σχέδια αποκοπής αστοχιών. Τα σχέδια αυτά απαιτούν τη λήψη δείγματος μεγέθους n και τη συνέχιση του ελέγχου μέχρι να αστοχήσουν r αντικείμενα έτσι ώστε να έχουν αποφευχθεί $(n-r)$ αστοχίες. Οι εκτιμήσεις των παραμέτρων του λογαρίθμου του χρόνου ζωής μαζί με μια σταθερά αποδοχής δημιουργούν ένα μέγεθος το οποίο συγκρίνεται με τον λογάριθμο του ορίου προδιαγραφών και αν είναι μικρότερο η παρτίδα απορρίπτεται. Ο υπολογισμός του μεγέθους του δείγματος και της σταθεράς αποδοχής ξεκινά όπως συνήθως με την επιλογή δύο σημείων της καμπύλης OC.

Η μέθοδος επιδεικνύεται με ένα παράδειγμα για το οποίο προκύπτει ότι το σχέδιο αποκοπής αστοχιών απαιτεί λιγότερο από το μισό μέγεθος δείγματος του αντιστοίχου ιδιοτήτων ενώ ένα ολοκληρωμένο σχέδιο μεταβλητών θα απαιτούσε το μισό περίπου δείγμα αλλά θα χρειαζόταν περίπου τριπλάσιο χρόνο εφαρμογής. Η μέθοδος εξετάζεται επίσης για μεγάλο αριθμό σχεδίων με Monte Carlo προσομοιώσεις για πολλές περιπτώσεις ρίσκων, μεγέθους δείγματος, σταθεράς αποδοχής και βαθμού αποκοπής. Γενικά ισχύει ότι το μέγεθος του δείγματος αυξάνεται με την αύξηση του βαθμού αποκοπής, $(q=1-r/n)$, το οποίο όμως οδηγεί και σε μείωση του χρόνου ελέγχου. Γενικά η βέλτιστη επιλογή είναι η εξισορρόπηση του κόστους των αντικειμένων και του χρόνου ελέγχου, ενώ όταν το κόστος των αντικειμένων είναι σημαντικό, τα σχέδια αυτά θα πρέπει να προτιμούνται.

Τέσσερις δειγματοληπτικές μέθοδοι, η μονή δειγματοληψία μεταβλητών (VSS), η δειγματοληψία δείκτη ποιότητας (QIS), η διπλή δειγματοληψία ιδιοτήτων (ADS) και η δειγματοληψία ποσοστιαίων ιδιοτήτων (APS) παρουσιάζονται και συγκρίνονται (Chang και Hsie, 1995). Οι VSS και ADS είναι τα γνωστά μονά και διπλά σχέδια μεταβλητών και ιδιοτήτων αντίστοιχα. Με τη μέθοδο QIS, το επιτρεπτό ποσοστό ελαττωματικών (APD), που λειτουργεί ως προδιαγραφή, συγκρίνεται με το πραγματικό ποσοστό ελαττωματικών, (PD). Το PD βρίσκεται από πίνακες αφού προηγουμένως έχει υπολογιστεί ο δείκτης ποιότητας Q . Το Q είναι η διαφορά της μέσης τιμής του δείγματος και του κάτω ορίου προδιαγραφών προς την τυπική απόκλιση του

δείγματος. Το PD συγκρίνεται με το APD και αν είναι μεγαλύτερο η παρτίδα απορρίπτεται, αλλιώς γίνεται αποδεκτή. Η μέθοδος APS ξεκινά με την επιλογή των μεγεθών AQL, LTPD καθώς και των ρίσκων του παραγωγού και καταναλωτή. Στη συνέχεια με τη βοήθεια της κανονικής κατανομής υπολογίζονται το μέγεθος του δείγματος, n , και η παράμετρος αποδοχής, W . Με τη λήψη του δείγματος υπολογίζεται το ποσοστό των ελαττωματικών στο δείγμα, ρ , και συγκρίνεται με το W . Αν το ρ είναι μεγαλύτερο από το W , η παρτίδα απορρίπτεται, αλλιώς γίνεται αποδεκτή.

Το πλεονέκτημα της μεθόδου VSS είναι η μεγάλη ακρίβεια και η δυνατότητα μείωσης του μεγέθους του δείγματος. Το μειονέκτημα της είναι ότι απαιτεί βασικές γνώσεις στατιστικής. Η μέθοδος QIS μπορεί να λειτουργήσει χωρίς να είναι γνωστό το επίπεδο ποιότητας και χωρίς να απαιτούνται τα AQL και LTPD, αλλά χωρίς να μπορεί να ελέγξει όμως το ρίσκο του παραγωγού και καταναλωτή. Η μέθοδος ADS παρουσιάζει ως πλεονέκτημα την ευκολία στη χρήση και το μειωμένο μέσο μέγεθος δείγματος αλλά μειονεκτεί σε θέματα ακρίβειας σε σχέση με τη δειγματοληψία μεταβλητών. Τέλος η μέθοδος APS είναι εύκολη στη χρήση αλλά παρουσιάζει τα μειονεκτήματα της ADS χωρίς να έχει το πλεονέκτημα του μειωμένου μέσου μεγέθους δείγματος. Σύμφωνα πάντως με τους συγγραφείς η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της διαδικασίας, το κόστος του ελέγχου, την απαιτούμενη ακρίβεια και τους περιορισμούς χώρου και χρόνου.

Ένα διαδοχικό δειγματοληπτικό σχέδιο για τη αποδοχή ή την απόρριψη ενός πληθυσμού περιγράφεται (Edgeman, Collins και Lin, 1997). Το ελεγχόμενο, με το σχέδιο, μέγεθος είναι η μέση τιμή μιας κρίσιμης για τη διαδικασία παραμέτρου. Το περιγραφόμενο δειγματοληπτικό σχέδιο χρησιμοποιεί τον έλεγχο διαδοχικών λόγων πιθανοτήτων (Sequential Probability Ratio Test). Με τον τρόπο αυτό ελέγχεται για διαδοχικές παρατηρήσεις αν η μέση τιμή της ελεγχόμενης παραμέτρου αλλάζει από την προκαθορισμένη τιμή της σε κάποια άλλη λόγω ανεπιθύμητων αιτιών. Η αλλαγή αυτή, είναι και το κριτήριο αποδοχής ή απόρριψης της παρτίδας, ενώ σε περίπτωση που δεν μπορεί να ληφθεί απόφαση για την τύχη της παρτίδας, χρησιμοποιούνται οι επόμενες παρατηρήσεις.

Με το σχέδιο αυτό δίνεται η δυνατότητα υπολογισμού του ASN καθώς και της χαρακτηριστικής καμπύλης. Επίσης δίνεται ένα αριθμητικό παράδειγμα χρησιμοποίησης του σχεδίου και υπολογισμού των καμπυλών των ASN και OC για διάφορες τιμές της μέσης τιμής του χρόνου ζωής ενός κυκλώματος.

Μια επαναληπτική διαδικασία για τον έλεγχο τριών υποθέσεων του ποσοστού των ελαττωματικών ενός πληθυσμού, για επιθυμητές τιμές λαθών τύπου I και II παρουσιάζεται (Payton και Young, 1999). Στην πιο απλή τους μορφή, οι τρεις υποθέσεις εξετάζουν αν το ποσοστό των ελαττωματικών είναι υψηλό ($\rho=0.1$), μέτριο ($\rho=0.05$) ή χαμηλό ($\rho=0.01$). Στον αλγόριθμο που αναπτύσσεται οι τρεις υποθέσεις δεν είναι τόσο απλές αλλά αμφίπλευρες δηλαδή εξετάζουν κάθε φορά ένα ενδεχόμενο έναντι ενός άλλου.

Η μέθοδος που αναλύεται συγκρίνεται σε ένα παράδειγμα που προσομοιάζει τις συνθήκες της δειγματοληψίας αποδοχής, δηλαδή μικρό ποσοστό ελαττωματικών. Για το παράδειγμα χρησιμοποιούνται 2000 επαναλήψεις με Monte Carlo προσομοιώσεις χρησιμοποιώντας το λογισμικό PC SAS. Έκτος από τη μέθοδο που αναπτύσσεται, οι συγγραφείς προτείνουν μια εξελιγμένη έκδοση με μικρές τροποποιήσεις που έχει όμως σημαντικές επιπτώσεις στα αποτελέσματα. Η εξελιγμένη πρόταση χρειάζεται αρκετά χαμηλότερα Μέσα Μεγέθη Δειγματοληψίας (ASN) από ότι παλαιότερες μέθοδοι διατηρώντας τις τιμές των λαθών στα επιθυμητά επίπεδα. Η απλή προτεινόμενη μέθοδος διατηρεί χαμηλές τιμές του ASN μόνο για μικρές τιμές του ποσοστού ελαττωματικών.

Ανάλογο παράδειγμα γίνεται και για μεγαλύτερες τιμές του ρ ($0.5 < \rho < 0.9$) συγκρίνοντας επιπλέον και με παλαιότερες μεθόδους που είναι υπολογιστικά σύνθετες. Και στην περίπτωση αυτή η εξελιγμένη μέθοδος απαιτεί μικρότερες τιμές ASN από παλαιότερες μεθόδους διατηρώντας παράλληλα τις τιμές των λαθών σε ανεκτά επίπεδα.

Ένα αριθμητικό κριτήριο λήψης απόφασης για την αποδοχή ή όχι μιας παρτίδας παρουσιάζεται και αναλύεται (Hunter, 2000). Το κριτήριο έχει την ικανότητα να λαμβάνει τις σχετικές αποφάσεις βασιζόμενο αποκλειστικά σε απλές αλγεβρικές πράξεις, αντί για το χειρισμό των πιθανοτήτων. Το κριτήριο βασίζεται στο θεώρημα του Bayes και σε κάθε έλεγχο προσθέτει αλγεβρικά το λόγο της πιθανότητας να βρεθεί ένα καλό αντικείμενο δοθέντος ότι μια τέτοια πιθανότητα στην παρτίδα είναι $\theta=99\%$, οπότε γίνεται αποδεκτή, προς την πιθανότητα να βρεθεί ένα καλό αντικείμενο δοθέντος ότι μια τέτοια πιθανότητα στην παρτίδα είναι $\theta=97\%$, οπότε η παρτίδα απορρίπτεται. Το κριτήριο ξεκινά από μηδενική τιμή εκτός αν υπάρχει εκ των προτέρων υποψία και η λήψη της απόφασης γίνεται όταν φτάσει σε μια κρίσιμη τιμή που καθορίζεται από το ρίσκο του παραγωγού και καταναλωτή. Επίσης, μπορεί να υπολογιστεί μετά από πόσα καλά ή ελαττωματικά αντικείμενα θα γίνει αποδεκτή ή θα απορριφθεί η παρτίδα αντίστοιχα. Τέλος, ο συγγραφέας σημειώνει ότι αντί για τη χρήση της διωνυμικής κατανομής για τον υπολογισμό της ένδειξης είναι πιο σωστό να χρησιμοποιείται η υπεργεωμετρική μιας και η παρτίδα συνεχώς μειώνεται μετά από κάθε έλεγχο.

2.3 Ανάπτυξη λογισμικού σχεδιασμού δειγματοληπτικών σχεδίων

Κατά καιρούς έχουν αναπτυχθεί αρκετά λογισμικά προγράμματα που ασχολούνται με το σχεδιασμό δειγματοληπτικών σχεδίων. Οι αλγόριθμοι και τα προγράμματα που θα αναφερθούν στην ενότητα αυτή αφορούν τον απλό σχεδιασμό δειγματοληπτικών σχεδίων ικανοποιώντας κάποια κριτήρια, όπως το μέγιστο επιτρεπόμενο αριθμό ελαττωματικών, αλλά και την ανάπτυξη βέλτιστων σχεδίων ικανοποιώντας κριτήρια κόστους.

Το λογισμικό RELPAC (RELIability PACkage) (Bandi και Donaghey, 1995), είναι από τα λίγα σύμφωνα με τους συγγραφείς που ασχολείται με μεγάλο αριθμό προβλημάτων αξιοπιστίας και ποιοτικού ελέγχου εμπεριέχοντας συνολικά 34 διαφορετικά υποπρογράμματα. Το λογισμικό αυτό δημιουργήθηκε αρχικά για εκπαιδευτικούς λόγους αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στη βιομηχανία. Το RELPAC λειτουργεί σε περιβάλλον DOS ή WINDOWS και τα προγράμματα του είναι γραμμένα σε γλώσσα Q-Basic ή C++, με απώτερο στόχο το πρόγραμμα να είναι όσο το δυνατόν φιλικό προς το χρήστη. Το συνολικό πακέτο χωρίζεται σε δύο μεγάλες κατηγορίες για προβλήματα αξιοπιστίας και ελέγχου ποιότητας.

Οι επιλογές για τον έλεγχο ποιότητας αφορούν διαγράμματα ελέγχου, δειγματοληψία και την εύρεση του δείκτη ικανότητας μιας παραγωγικής διαδικασίας (Cp). Η δειγματοληψία αποδοχής περιορίζεται στο σχεδιασμό του απλού και διπλού σχεδίου. Ο χρήστης καλείται να δώσει το μέγεθος του δείγματος n και κάθε φορά το μέγιστο αριθμό ελαττωματικών c για τον οποίο η παρτίδα κρίνεται αποδεκτή. Ως έξοδος δίνεται ένας πίνακας με την πιθανότητα αποδοχής για κάθε ποσοστό ελαττωματικών. Για την περίπτωση του διπλού δειγματοληπτικού σχεδίου, δίνεται η δυνατότητα να υπολογιστεί ο μέσος αριθμός δείγματος (ASN) για κάθε ποσοστό. Δεν διευκρινίζεται ωστόσο αν ο χρήστης μπορεί να μεταβάλλει την κατανομή του πληθυσμού ή των ελαττωματικών ή να την επιλέξει από κάποιες κοινές κατανομές. Επίσης δεν φαίνεται να δίνεται ως έξοδος το ρίσκο του παραγωγού ή του καταναλωτή. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, το RELPAC, είναι αρκετά φιλικό και μπορεί να βοηθήσει τους χρήστες να επιλύσουν διάφορα θέματα αξιοπιστίας και ποιοτικού ελέγχου εύκολα, γρήγορα και με κομψό τρόπο.

Τα διαδοχικά δειγματοληπτικά σχέδια αποτελούν σύνθετες είδους σχεδίων και η διαδικασία για τη λήψη της απόφασης αποδοχής αποτελεί αντικείμενο μελέτης (Dunsmore και Wright, 1985). Οι συγγραφείς αναπτύσσουν έναν αλγόριθμο, ο οποίος επιλύεται με δυναμικό προγραμματισμό χρησιμοποιώντας το λογισμικό FORTRAN 77, προκειμένου να δώσει απλά και ικανοποιητικά δειγματοληπτικά σχέδια. Η περίπτωση που εξετάζεται είναι αυτή όπου η κρίσιμη παράμετρος είναι ο χρόνος ζωής των προϊόντων. Στα πειράματα που γίνονται, ένας αριθμός προϊόντων, M , ελέγχεται ταυτόχρονα από έναν πληθυσμό με N συνολικά προϊόντα. Υποτίθεται ότι οι χρόνοι ζωής είναι ανεξάρτητες τυχαίες μεταβλητές με μια εκθετική κατανομή που έχει μέση τιμή θ^{-1} . Για την τιμή της θ είναι γνωστό ότι ακολουθεί συζυγή κατανομή Γάμμα. Στο σχέδιο με διαδοχικά στάδια που περιγράφεται, η διαδικασία αποδοχής είναι η εξής: αν για ένα προκαθορισμένο χρόνο δεν καταστραφεί ένα προϊόν, η παρτίδα γίνεται αποδεκτή. Αν αντίθετα ένα προϊόν αστοχήσει, η δειγματοληψία οδηγείται στο επόμενο στάδιο. Κάθε φορά που ένα αντικείμενο αστοχεί και η δειγματοληψία οδηγείται σε επόμενο στάδιο, υπάρχει η δυνατότητα να αντικατασταθεί το κατεστραμμένο προϊόν από ένα νέο. Για τα εκάστοτε εναπομείναντα κομμάτια, αυτό που έχει σημασία είναι η πρόβλεψη του χρόνου ζωής τους που δίνεται από μια αντίστροφη κατανομή Βήτα.

Σημαντικό στοιχείο για τη διαδικασία απόφασης αποδοχής με βάση τις προβλέψεις είναι και η αξία της χρησιμοποίησης των προϊόντων που αποτελείται από τρία μέρη: α) την υπολειμματική αξία των απορριφθέντων κομματιών, β) το κόστος που συνεπάγεται ο έλεγχος και γ) η αξία και η χρησιμότητα των αποδεκτών κομματιών. Με δυναμικό προγραμματισμό βρίσκεται η βέλτιστη χρησιμοποίηση των κομματιών, άρα και το βέλτιστο σχέδιο, η οποία σχετίζεται με την κατανομή πρόβλεψης. Τα στάδια που χρησιμοποιούνται από το σχέδιο χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: α) τύπου 1, αν ο έλεγχος δεν είναι δυνατός σε αυτό το στάδιο, β) τύπου 2, αν το στάδιο αυτό ακολουθείται από απόρριψη και γ) τύπου 3, αν σε αυτό το στάδιο συμβεί αστοχία που θα οδηγήσει σε νέο στάδιο. Το τελευταίο στάδιο του σχεδίου είναι τύπου 2 και μπορεί να συμβεί ακόμα και στο αρχικό στάδιο.

Το μοντέλο που αναπτύσσεται έχει τη δυνατότητα να αντανακλά το δυναμικό χαρακτήρα της δειγματοληψίας αποδοχής καθώς η παρτίδα συνεχώς καταστρέφεται. Τα σχέδια που προκύπτουν από το μοντέλο έχουν το χαρακτηριστικό ότι εξαρτώνται από το μέγεθος της παρτίδας. Για την καλύτερη επίδειξη της μεθόδου, δίνεται ένα αριθμητικό παράδειγμα όπου ο κατασκευαστής παίρνει την απόφαση για την αποδοχή βασιζόμενος στην πρόβλεψη του χρόνου ζωής των προϊόντων και της συνάρτησης χρησιμοποίησής τους.

Το πρόβλημα εύρεσης βέλτιστων δειγματοληπτικών σχεδίων γίνεται δύσκολο από την αντίρροπη δράση δύο επιθυμητών χαρακτηριστικών: του χαμηλού κόστους ελέγχου, δηλαδή του μικρού μεγέθους δείγματος και της υψηλής εξερχόμενης ποιότητας (Ravindran, Shin, Arthur και Moskowitz, 1986).

Για την επίλυση του προβλήματος αναπτύσσονται δύο μοντέλα προγραμματισμού, ένα για την περίπτωση γνωστού ποσοστού ελαττωματικών και ένα για υποτιθέμενη γνωστή εκ των προτέρων κατανομή του ποσοστού αυτού. Για την πρώτη περίπτωση, όταν η εξερχόμενη ποιότητα, (AOQ), είναι ο κύριος στόχος, η περιοχή που ικανοποιεί τις προδιαγραφές σε διάγραμμα μεγέθους δείγματος, n , και ορίου αποδοχής, c , προκύπτει ότι έχει τη μορφή κλίμακας μέσα σε όρια, όπου τα γωνιακά σημεία αποτελούν λύσεις του στόχου αυτού. Ομοίως όταν ως στόχος τίθεται το μέσο κόστος ελέγχου παρτίδας (ALIC) στο διάγραμμα $c-n$ αυτή τη φορά, η περιοχή που ικανοποιεί τις προδιαγραφές έχει παρόμοια μορφή και τα γωνιακά σημεία ικανοποιούν το ALIC. Τουλάχιστον ένα από τα γωνιακά σημεία του AOQ θα είναι η βέλτιστη λύση και άρα εκεί θα πρέπει να αναζητηθεί. Ανάλογα ισχύουν και για την περίπτωση του αγνώστου ποσοστού ελαττωματικών. Παρατηρείται ότι και για τις δύο περιπτώσεις, το ALIC αυξάνεται όταν αυξάνεται το c , ενώ αντίθετα το AOQ μειώνεται με αύξηση του n και αυξάνεται με αύξηση του c .

Οι συγγραφείς αναπτύσσουν έναν αλγόριθμο τριών φάσεων για την εύρεση της βέλτιστης λύσης. Στην πρώτη φάση αναζητούνται αλλαγές στα ALIC και AOQ ώστε να βρεθούν τα γωνιακά σημεία. Αν δεν βρεθούν αλλαγές, ο αλγόριθμος περνά στη φάση 2 όπου αναζητούνται οι οριακές περιοχές της κλίμακας. Χρησιμοποιώντας τα τοπικά βέλτιστα που βρέθηκαν στις φάσεις 1

και 2, ο αλγόριθμος χρησιμοποιεί τη φάση 3 για να βρει το συνολικό βέλτιστο από όλα τα γωνιακά σημεία. Ο αλγόριθμος δοκιμάζεται και στις δύο περιπτώσεις για διαφορετικούς στόχους. Παρατηρείται ότι ο αλγόριθμος βρήκε τη βέλτιστη λύση σε όλα τα προβλήματα που του τέθηκαν με μικρό σχετικά υπολογιστικό κόπο. Παρατηρείται επίσης ότι η περισσότερη προσπάθεια καταναλώνεται στη φάση 3 χωρίς να επιτυγχάνεται ανάλογη βελτίωση της λύσης. Τέλος για την περίπτωση του αγνώστου ποσοστού ελαττωματικών χρησιμοποιούνται τέσσερις κατανομές χωρίς να επηρεάζεται η απόδοση του αλγορίθμου.

Μια σημαντική παράμετρος στην ανάπτυξη δειγματοληπτικών σχεδίων είναι η δυνατότητα να έχουν αυτά το μικρότερο δυνατό μέγεθος δείγματος (Brooks, 1989). Ο συγγραφέας αναπτύσσει ένα υπολογιστικό πρόγραμμα ανάπτυξης ενός μονού δειγματοληπτικού σχεδίου παρέχοντας τη δυνατότητα επιλογής μεταξύ σχεδίων με μικρότερα μεγέθη δείγματος και διαφορετικών ποσοστών ακρίβειας. Η ακρίβεια ορίζεται ως το ποσοστό απόκλισης από τις επιθυμητές τιμές του ρίσκου του παραγωγού και καταναλωτή. Η βελτιστοποίηση των σχεδίων αφορά την ελαχιστοποίηση του μεγέθους του δείγματος και άρα του κόστους δειγματοληψίας.

Το πρόγραμμα είναι γραμμένο σε γλώσσα Turbo Pascal και Turbo C και δέχεται ως είσοδο το AQL, το LTPD και τα ρίσκα του παραγωγού και καταναλωτή. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα επιλογής της διωνυμικής ή της Poisson κατανομής. Ακόμα μπορεί να επιτευχθεί αυστηρή ή χαλαρή προσέγγιση της καμπύλης OC. Ως έξοδοι, μετά τους υπολογισμούς δίνονται τα υπολογισμένα ρίσκα του παραγωγού και καταναλωτή και ένα μέτρο ακρίβειας που είναι η μέση τετραγωνική ρίζα των αποκλίσεων και προφανώς το μέγεθος του δείγματος και το όριο αποδοχής.

Το πρόγραμμα δίνει τη δυνατότητα επιλογής ενός εναλλακτικού σχεδίου με μικρότερο μέγεθος δείγματος. Η υπολογιστική διαδικασία ξεκινά με αρχικό μέγεθος δείγματος πέντε και μηδενικό όριο αποδοχής. Η διαδικασία υπολογισμού των πιθανοτήτων αποδοχής γίνεται κυκλικά μέχρι η ακρίβεια να αρχίζει να αυξάνεται με την αύξηση του μεγέθους του δείγματος και του ορίου

αποδοχής. Παράλληλα αν επιλεγεί το χαλαρό ταίριασμα της καμπύλης OC μπορούν να δημιουργηθούν σχεδόν βέλτιστα σχέδια με μικρότερα μεγέθη δείγματος.

2.4 Δειγματοληψία αποδοχής και SPC

Παραδοσιακά, υπάρχει μια διχογνωμία για το αν η δειγματοληψία αποδοχής είναι η ενδεδειγμένη λύση στο πρόβλημα της επίτευξης ποιότητας ή ο στατιστικός έλεγχος είναι προτιμότερος (Sower, Motwani και Savoie, 1993). Οι συγγραφείς παραθέτουν τις απόψεις κορυφαίων συναδέλφων τους σύμφωνα με τις οποίες η δειγματοληψία αποδοχής δεν είναι η κατάλληλη μέθοδος για να εφαρμοστεί σε περιπτώσεις όπου οι διεργασίες είναι σταθερές, δηλαδή σε στατιστικό έλεγχο. Αντίθετα, αναγνωρίζεται η χρησιμότητα της δειγματοληψίας αποδοχής σε μη σταθερές διεργασίες αλλά μόνο μέχρι οι διεργασίες αυτές να σταθεροποιηθούν με τη χρήση του στατιστικού ελέγχου. Ακόμα επισημαίνονται περιπτώσεις για τις οποίες η δειγματοληψία αποδοχής είναι σαφώς προτιμότερη του 100% ελέγχου και αφορούν περιορισμούς κόστους, τεχνολογίας και ικανότητας του προμηθευτή. Επίσης, γίνεται αποδεκτό ότι η δειγματοληψία αποδοχής είναι χρήσιμη σε περιπτώσεις ανθρωπίνων σφαλμάτων τα οποία μπορούν να μεταβάλλουν ουσιαστικά το ποσοστό των ελαττωματικών μιας παρτίδας. Τέλος, η δειγματοληψία αποδοχής ελέγχεται και από άποψη κόστους σε σχέση με το ενδεχόμενο κέρδος του καταναλωτή, αλλά παρά όλα αυτά κρίνεται απαραίτητη για περιπτώσεις νέων διεργασιών μέχρι που αυτές να φτάσουν σε σημείο στατιστικού ελέγχου.

Παρόλα αυτά φαίνεται να υπάρχει μια γενική συμφωνία στο ότι η δειγματοληψία αποδοχής είναι πιο ενδεδειγμένη για ασταθείς διεργασίες, ενώ θα μπορούσε να ενοποιηθεί κατά κάποιον τρόπο με το στατιστικό έλεγχο ως πρώιμο στάδιο κατά τη διαδικασία σταθεροποίησης μιας διεργασίας. Οι συγγραφείς αναφέρουν τρεις περιπτώσεις όπου μια τέτοια ενοποίηση είναι εφικτή: α) όταν ο προμηθευτής δεν έχει ακόμα επιτύχει τον στατιστικό έλεγχο των διεργασιών του, β) όταν μια διεργασία που υπό κανονικές συνθήκες βρίσκεται σε στατιστικό έλεγχο, βγει εκτός ελέγχου και γ) όταν ο πελάτης διευκρινίζει ότι ένα συγκεκριμένο δειγματοληπτικό σχέδιο πρέπει να χρησιμοποιηθεί. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, η όλη διαμάχη δεν αφορά γενικά τη χρήση της δειγματοληψίας αποδοχής αλλά τη χρήση της στις περιπτώσεις που πραγματικά απαιτείται ώστε να αποτελεί σημαντικό εργαλείο του στατιστικού ελέγχου. Τέλος, οι συγγραφείς παραθέτουν μια πραγματική εφαρμογή σύνδεσης της δειγματοληψίας αποδοχής και του στατιστικού ελέγχου.

Η συσχέτιση μεταξύ του αριθμού των ελαττωματικών σε ένα τυχαίως επιλεγμένο δείγμα και αυτού της υπόλοιπης παρτίδας, εξετάζεται σε σχέση με τη συχνότητα και το μέγεθος των ειδικών αιτιών που προκαλούν τη διακύμανση μιας παραγωγικής διαδικασίας (Vaughan, 1994). Εξετάζεται επίσης η αποτελεσματικότητα της δειγματοληψίας αποδοχής και η ισχύ του κανόνα kp του Deming. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται δύο εναλλακτικά μοντέλα. Το πρώτο είναι ένα διακριτό μοντέλο προσομοίωσης που καθορίζει την κατάσταση της παραγωγικής διαδικασίας σύμφωνα με τυχαία συμβάντα

που προκαλούν διακύμανση κατ' οποιαδήποτε στιγμή της παραγωγής. Το δεύτερο υποθέτει ότι η κατάσταση της παραγωγικής διαδικασίας αλλάζει τυχαία μόνο μεταξύ των παρτίδων.

Προκύπτει γενικά ότι η συσχέτιση αυτή αυξάνεται με την αύξηση της συχνότητας αλλαγών της διαδικασίας, με την αύξηση του διαστήματος δειγματοληψίας και με μείωση του μεγέθους του δείγματος. Αντίθετα για περιπτώσεις όπου όλες οι παραγόμενες μονάδες καταλήγουν στον καταναλωτή ανεξάρτητα της κατάστασης τους, η συσχέτιση είναι θετική για μικρότερες αλλαγές στην κατάσταση της δειγματοληψίας οι οποίες μάλιστα δεν γίνονται αντιληπτές για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Μια θετική συσχέτιση σημαίνει ότι υπάρχει μια περιοχή όπου ο κανόνας κp του Deming δεν ισχύει και η δειγματοληψία αποδοχής δίνει καλύτερα αποτελέσματα και πιο αποδοτικά από τη μηδενική ή την ολοκληρωτική δειγματοληψία. Επίσης, προκύπτει ότι το δεύτερο μοντέλο που χρησιμοποιείται, υπερεκτιμά τη χρησιμότητα της δειγματοληψίας αποδοχής για παρτίδες που δεν επιλέγονται από διακριτούς πληθυσμούς.

Το συμπέρασμα είναι ότι η δειγματοληψία αποδοχής με τη σωστή χρησιμοποίηση του στατιστικού ελέγχου μπορεί να εξουδετερώσει τις ειδικές αιτίες διακύμανσης μιας διαδικασίας. Καθώς όμως η συχνότητα και το μέγεθος των ειδικών αυτών αιτιών μειώνεται, η δειγματοληψία αποδοχής χάνει την αξία της.

2.5 Η δειγματοληψία αποδοχής σήμερα και εναλλακτικές χρήσεις της

Η δειγματοληψία αποδοχής, η οποία κυριαρχούσε τον πρώτο καιρό του ποιοτικού ελέγχου, τελευταία δέχεται έντονες αμφισβητήσεις, ενώ δεν είναι λίγοι αυτοί που προτείνουν την οριστική της απαξίωση (Stuart, Mullins και Drew, 1996). Ως βασική αιτία αμφισβήτησης, εμφανίζεται η άποψη ότι ο έλεγχος κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, που παρέχουν τα διαγράμματα ελέγχου, είναι πιο σημαντικός από τον έλεγχο ετοιμών προϊόντων καθώς η έγκαιρη ανίχνευση φαινομένων διακύμανσης της παραγωγικής διαδικασίας οδηγεί στην παραγωγή λιγότερων ελαττωματικών. Επίσης για διαδικασίες που βρίσκονται σε στατιστικό έλεγχο ο πελάτης μπορεί να πληροφορηθεί το μέγεθος των ελαττωματικών προϊόντων από τα διαγράμματα ελέγχου και άρα η δειγματοληψία αποδοχής δεν έχει νόημα. Εκτός των άλλων, αυτοί που κατακρίνουν τη δειγματοληψία αποδοχής εμφανίζουν ως επιχείρημα και το θέμα του κόστους των ελέγχων. Έτσι έχει παρουσιαστεί η άποψη ότι σε απλές περιπτώσεις η μηδενική αλλά και η καθολική επιθεώρηση των αντικειμένων είναι πιο οικονομική από τη

δειγματοληψία αποδοχής. Συγκεκριμένα, η δειγματοληψία αποδοχής δεν ενδείκνυται για περιπτώσεις όπου η διαδικασία βρίσκεται σε στατιστικό έλεγχο και τότε επιλέγεται είτε 100%, είτε 0% έλεγχος.

Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι ο ρόλος της δειγματοληψίας αποδοχής δεν υφίσταται πλέον, όσο και αν έχει περιοριστεί ή στην καλύτερη περίπτωση αλλάξει μορφή. Κατά το συγγραφέα, διαγράμματα ελέγχου με στοιχεία που έχουν προκύψει από δειγματοληψία αποδοχής μπορούν να αποτελέσουν σημαντική πηγή πληροφοριών για τη διοίκηση. Επίσης, ο φόβος της απόρριψης που συνεπάγεται η δειγματοληψία αποδοχής, ωθεί τους προμηθευτές σε βελτίωση της ποιότητας των διαδικασιών προκειμένου να μην χάσουν τους πελάτες τους, παρόλο που οι τελευταίοι μπορούν να αποκομίσουν τις ίδιες πληροφορίες από τα διαγράμματα ελέγχου.

Η δειγματοληψία αποδοχής εξετάζεται ως μέθοδος βελτίωσης του μέσου χρόνου πριν την αστοχία (MTTF) συστημάτων που αποτελούνται από πολλά μέρη (Graves, Murphy και Ringuest, 1999). Εναλλακτικά συγκρίνεται με ακόμα μία μέθοδο βελτίωσης της αξιοπιστίας όπως αυτή του πλεονασμού των συστημάτων. Η αξιοπιστία ορίζεται ως η πιθανότητα ένα σύστημα να λειτουργήσει και εξετάζεται η βελτίωση της α) μέσω της βελτίωσης της ποιότητας των στοιχείων που απαρτίζουν το σύστημα, με τη χρήση δειγματοληπτικών σχεδίων και β) μέσω αύξησης των πλεοναζόντων στοιχείων. Ως πλεονάζοντα στοιχεία ενός συστήματος που απαρτίζεται συνολικά από K στοιχεία, θεωρούνται τα $K-k$ που δεν απαιτούνται για τη σωστή λειτουργία του συστήματος. Η αύξηση της αυστηρότητας ενός δειγματοληπτικού σχεδίου βελτιώνει την αξιοπιστία του συστήματος αυξάνοντας την πιθανότητα ενός στοιχείου που έχει γίνει αποδεκτό να λειτουργήσει στην πράξη.

Τα στοιχεία των συστημάτων αστοχούν σύμφωνα με μια εκθετική κατανομή όπου η MTTF, μ , είναι η προσδοκώμενη τιμή αυτής της κατανομής. Συγκεκριμένα, θεωρείται ότι η μ είναι άγνωστη αλλά ακολουθεί τριγωνική κατανομή. Έτσι υπολογίζεται η κατανομή πιθανότητας για την αξιοπιστία ενός στοιχείου που έχει γίνει αποδεκτό από ένα δειγματοληπτικό σχέδιο και μπορεί σε τελική ανάλυση να υπολογιστεί η αξιοπιστία του συστήματος. Η αξιοπιστία αυτή συγκρίνεται με την αντίστοιχη των συστημάτων που έχουν προκύψει από πλεονασμό και όχι από δειγματοληπτικά σχέδια. Ο στόχος είναι να εξαχθούν συμπεράσματα για το ποια μέθοδος βελτιώνει την αξιοπιστία του συστήματος περισσότερο.

Οι συγγραφείς προτείνουν ένα απλό δειγματοληπτικό σχέδιο αποδοχής που υπολογίζει το άθροισμα του χρόνου ζωής T_i n στοιχείων από ένα πληθυσμό N στοιχείων. Αν το άθροισμα είναι ίσο ή μεγαλύτερο από μια κρίσιμη τιμή S_c , η παρτίδα γίνεται αποδεκτή αλλιώς απορρίπτεται. Αν εξεταστεί μόνο ο προσδοκώμενος χρόνος ζωής συμπεραίνεται ότι το πιο πλεονάζων σύστημα είναι καλύτερο από όλες τις περιπτώσεις με ή χωρίς δειγματοληψία αποδοχής. Παρόλα αυτά η μέθοδος της δειγματοληψίας αποδοχής μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερους χρόνους από χαμηλότερα πλεονάζοντα συστήματα. Οι συγγραφείς όμως τονίζουν ότι είναι πιο σωστό να χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο η συνολική πιθανότητα αξιοπιστίας, η πιθανότητα δηλαδή ένα σύστημα να επιζήσει σε χρόνο T_0 . Σύμφωνα με το κριτήριο αυτό, παρατηρείται ότι ένας μικρός πλεονασμός δίνει καλύτερα αποτελέσματα από ένα ασθενές δειγματοληπτικό σχέδιο. Αυξάνοντας την ισχύ των σχεδίων προκύπτουν καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με το πλεονάζον σύστημα, αλλά μόνο για μεγάλους χρόνους ζωής. Υπάρχει βέβαια η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν ειδικές στοχαστικές μέθοδοι για να αποφασιστεί ποια μέθοδος υπερτερεί αλλά η απόφαση κάθε φορά επαφίεται στον αναλυτή σύμφωνα με τους χρόνους που τον ενδιαφέρουν.

Η δειγματοληψία αποδοχής σήμερα δεν χρησιμοποιείται μόνο για τις γνωστές περιπτώσεις όπως α) διαδικασίες που δεν βρίσκονται σε στατιστικό έλεγχο, β) προστασία έναντι παραγωγικών σφαλμάτων, γ) προϊόντα που η ασφάλεια είναι ύψιστης σημασίας, δ) νέες επιθεωρήσεις αλλά και ε) ως εναλλακτική μορφή βελτίωσης της αξιοπιστίας ενός συστήματος όπου και συγκρίνεται με την κλασική μέθοδο του πλεονασμού (Graves, Murphy και Ringuest, 2000).

Η σύγκριση των δύο μεθόδων ξεκινά με την έκφραση της εκ των προτέρων κατανομής πιθανότητας των ελαττωματικών προϊόντων, y , μιας εισερχόμενης παρτίδας μεγέθους N , με τον έλεγχο δείγματος μεγέθους n . Μέσω αυτής της έκφρασης μπορεί να υπολογιστεί η κατανομή της πιθανότητας των ελαττωματικών στις εξερχόμενες παρτίδες μεγέθους $N-n$, μιας και οι έλεγχοι είναι καταστροφικοί. Η πιθανότητα να περιέχει η παρτίδα

αυτή γ ελαττωματικά είναι ίδια με την πιθανότητα ένα στοιχείο να έχει συγκεκριμένη αξιοπιστία η οποία και εξαρτάται από την επιλογή του δειγματοληπτικού σχεδίου. Η εκ των προτέρων κατανομή της πιθανότητας των ελαττωματικών επιλέγεται να είναι μια διακριτή τριγωνική κατανομή λόγω της ευκολίας της. Στη συνέχεια με την επιλογή ενός απλού δειγματοληπτικού σχεδίου με όριο αποδοχής c , και μέγεθος δείγματος n , υπολογίζεται η κατανομή πιθανότητας στις αποδεκτές παρτίδες, όπου τα ελαττωματικά προϊόντα που βρίσκονται θεωρείται ότι ακολουθούν υπεργεωμετρική κατανομή.

Τα δειγματοληπτικά σχέδια και τα πλεονάζοντα συστήματα συγκρίνονται με βάση την προσδοκώμενη αξιοπιστία τους αλλά και τις συνολικές κατανομές της πιθανότητας αξιοπιστίας. Για τη σύγκριση χρησιμοποιούνται πρώτης και δεύτερης τάξης στοχαστικά κριτήρια υπεροχής. Συνολικά συγκρίνονται 42 συνδυασμοί επτά δειγματοληπτικών σχεδίων και έξι πλεονάζοντων συστημάτων. Προκύπτει ότι η αύξηση της αυστηρότητας του δειγματοληπτικού σχεδίου οδηγεί σε μεγαλύτερη αύξηση της αξιοπιστίας από ότι η αύξηση του πλεονασμού κατά μία μονάδα. Ακόμα και αν η αύξηση του πλεονασμού είναι μεγαλύτερη, υπάρχουν δειγματοληπτικά σχέδια που μπορούν να δώσουν την ίδια ή και μεγαλύτερη αξιοπιστία. Τέλος αναλύοντας συνολικά την κατανομή της πιθανότητας προκύπτουν ασφαλή συμπεράσματα για το ποια μέθοδος υπερτερεί. Έτσι για την περίπτωση της μη ύπαρξης πλεονασμού το σχέδιο με το μεγαλύτερο μέγεθος δείγματος και το μικρότερο όριο αποδοχής δίνει την καλύτερη αξιοπιστία. Όταν συγκρίνονται οι δύο μέθοδοι μαζί, προκύπτει ότι η περίπτωση της δειγματοληψίας χωρίς πλεονασμό, με μεγάλο αριθμό δείγματος και με μηδενικό όριο αποδοχής υπερτερεί κατά πολύ ενός μεγάλου πλεονασμού αλλά και ενός συνδυασμού πλεονασμού και δειγματοληψίας αποδοχής.

2.6 Βιβλιογραφία κεφαλαίου 2

- Albin, S. & Friedman, D., “The impact of clustered defect distributions in IC fabrication”, Management Science, Vol. 35, no. 9, 1989, pp. 1066-1078.
- Aminzadeh, M., “Inverse Gaussian acceptance sampling plans by variables”, Communication Statistics-Theory and Methodology, Vol. 25, no. 5, 1996, pp. 923-935.
- Bandi, M. & Donaghey, C. E., “RELPAK: A reliability & quality control software package”, Computers & Industrial Engineering, Vol. 29, no. 1-4, 1995, pp. 1-5.
- Beattie, D. W., “A continuous acceptance sampling procedure based upon a cumulative sum chart for the number of defectives”, Applied Statistics, Vol. 11, no. 3, 1962, pp. 137-147.
- Berger, R., “Multiparameter hypothesis testing and acceptance sampling”, Technometrics, Vol. 24, no. 4, 1982, pp. 295-300.
- Bravo, P. C. & Wetherill, G. B., “The matching of sampling plans and the design of double sampling plans”, Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General), Vol. 143, no. 3, 1980, pp. 49-67.
- Brooks, G. H., “Acceptance sampling design by computer-optimality concerns”, Computers & Industrial Engineering, Vol. 17, no. 1-4, 1993, pp. 508-513.
- Chang, L. M. & Hsie, M., “Developing acceptance sampling methods for quality construction”, Journal of Construction Engineering and Management, June 1995.
- Chun, Y. H. & Rinks, D. B., “Three types of producer’s and consumer’s risks in the single sampling plan”, Journal of Quality Technology, Vol. 30, no. 3, 1998, pp. 254-268.
- Chung, R. C. W. & Chen, H. N. T., “The Dodge-Romig double sampling plans based on fuzzy optimization”, International Journal of Quality Science, Vol. 2, no. 1, 1997, pp. 52-62.
- Dodge, H.F., & H.G. Romig, 1959, Sampling Inspection Tables, 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., New York.

- Dresher, M. & Moglewer, S., "Statistical acceptance sampling in a competitive environment", Operations Research, Vol. 28, no.3, Part I, 1980, pp. 503-511.
- Dunsmore, I. R. & Wright, D. E., "A decisive approach to the construction of sequential acceptance sampling plans for lifetimes", Applied Statistics, Vol. 34, no. 1, 1985, pp. 1-13.
- Edgeman, R. L., Collins, F. & Lin, D. K. J., "Sequential analysis of an accelerated life model", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 14, no. 6, 1997, pp.598-625.
- Elder, R. & Muse, H., "An approximate method for evaluating mixed sampling plans", Technometrics, Vol. 24, no. 3, 1982, pp. 207-211.
- Fard, N. S., & Kim, J. J., "Analysis at two stage sampling plan with imperfect inspection", Computers & Industrial Engineering, Vol. 25, no. 1-4, 1993, pp. 453-456.
- Gascoigne, J. C. & Hill, L. D., "The draft British standard 6002: sampling inspection by variables", Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General), Vol. 139, no. 3, 1976, pp. 299-317.
- Govindaraju, K. & Gansalingam, S., "Sampling inspection for resubmitted lots", Communication Statistics-Simulations, Vol. 26, no.3, 1997, pp. 1163-1176.
- Govindaraju, K., "Conditional single sampling procedure", Communication Statistics-Theory and Methodology, Vol. 26, no.5, 1997, pp. 1215-1225.
- Grant, E. L. & Leavenworth, R. S., 1988, Statistical quality control (sixth edition), Mc Graw-Hill, pp. 426, 450-452, 481.
- Graves, S. B. & Ringuest, J. L., "Producer's and consumer's risk when proportion defective is a random variable", Decision Sciences, Vol. 22, 1991.
- Graves, S. B., Murphy, D. C. & Ringuest, J. L., "Acceptance sampling versus redundancy as alternative means to achieving goals for system reliability", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 16, no. 4, 1999, pp.362-370.

- Graves, S. B., Murphy, D. C. & Ringuest, J. L., "Acceptance sampling and reliability: the tradeoff between component quality and redundancy", Computers & Industrial Engineering, Vol. 38, 2000, pp. 79-91.
- Graves, S. B., Murphy, D. C. & Ringuest, J. L., "Reevaluating producer's and consumer's risk in acceptance sampling", Computers & Industrial Engineering, Vol. 30, no. 2, 1996, pp. 171-184.
- Gupta, S. S. & Groll, P. A., "Gamma distribution in acceptance sampling based on life tests", Journal of the American Statistical Association, Vol. 56, no. 296, December 1961.
- Hanna, M. D. & Jobe, J.M., "Including quality costs in the lot-sizing decision", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 13, no. 6, 1996, pp.8-17.
- Hunter, J. S., "Metrics for uncertainty. A look at probability, evidence and a seldom used additive metric", Quality Progress, December 2000.
- Kim, S. H. & Yum, B. J., "Comparisons of exponential life test plans with intermittent inspections", Journal of Quality Technology, Vol. 32, no. 3, 2000.
- Klufa, J., "Acceptance sampling by variables when the remainder of rejected lots is inspected", Statistical Papers, Vol. 35, 1994, pp. 337-349.
- Lindley, D. V. & Singpurwalla, N. D., "On the evidence needed to reach agreed action between adversaries, with application to acceptance sampling", Journal of the American Statistical Association, Vol. 86, no. 416, 1991, pp. 933-937.
- Newcombe, P. A., & Allen, O. B., "A three-class procedure for acceptance sampling by variables", Technometrics, Vol. 30, no.4, 1988.
- Payton, M. E. & Young, L. J., "A sequential procedure to test three values of a binomial parameter", Metrika, Vol. 46, 1999, pp. 41-52.
- Pulak, M. & Sultan, K., "The optimum targeting for a single filling operation with rectifying inspection", Omega International Journal of Management Science, Vol. 24, no.6, 1996, pp. 727-733.
- Ravindran, A., Shin, W. S., Arthur, J. L. & Moskowitz, H., "Nonlinear integer goal programming models for acceptance sampling", Computers and Operations Research, Vol. 13, no. 5, 1997, pp. 611-622.

- Read, D. R. & Beattie, D. W., “The variable lot-size acceptance sampling plan for continuous production”, Applied Statistics, Vol. 10, no. 3, 1961, pp. 147-156.
- Sahli, A., Trecourt, P. & Robin, S., “One sided acceptance sampling by variables-the case of the Laplace distribution”, Communication Statistics-Theory and Methodology, Vol. 26, no.11, 1997, pp. 2817-2834.
- Scheider, H., “Failure—censored variables sampling plans plans for lognormal and Weibull distributions”, Technometrics, Vol. 31, no. 9, 1989, pp. 199-206.
- Seidel, W., “A possible way out of the pitfall of acceptance sampling by variables: treating variances as unknown”, Computational Statistics & Data Analysis, Vol. 25, 1997, pp. 207-216.
- Shakun, M. F., “Multivariate acceptance sampling procedures for general specification ellipsoids”, Journal of the American Statistical Association, Vol. 60, no. 311, September 1965.
- Sohn, S. Y. & Jang, J. S., “Acceptance sampling based on reliability degradation data”, Reliability Engineering and System Safety, Vol. 743, 2001, pp. 67-72.
- Solomon, H. & Zacks, S., “Optimal design of sampling from finite populations: a critical review and indication of new research areas”, Journal of the American Statistical Association, Vol. 65, no. 330, 1970, pp. 653-677.
- Sower, V. E., Savoie, M. J. & Motwani J., “Are acceptance sampling and SPC complementary or incompatible?”, Quality Progress, September 1993, pp. 85-89.
- Speevak, T. & Yo, A. K., “Multiple attributes sampling acceptance plans involving destructive testing”, Technometrics, Vol. 29, no. 1, 1987, pp. 103-107.
- Stuart, M., Mullins, E. & Drew, E., “Statistical quality control and improvement”, European Journal of Operational Research, Vol. 88, 1996, pp.203-214.
- Suresh, R. & Ramanathan, T., “Acceptance sampling plans by variables for a case of symmetric distributions”, Communication Statistics-Simulation, Vol. 26, no. 4, 1997, pp. 1379-1391.

- Sylla, C. & Drury, C. G., "Signal detection for human error correction in quality control", Computers in Industry, Vol. 26, 1995, pp. 147-159.
- Tippett, L. H. C., "A guide to acceptance sampling", Applied Statistics, Vol. 7, no.3, 1958, pp. 133-148.
- Vaughan, T. S., "The applicability of acceptance sampling with respect to process stability and control", Naval Research Logistics, Vol. 41, 1994, pp. 635-651.
- Wall, M. S. & Elshenway, A. K., "Economically based acceptance sampling plans", Computers & Industrial Engineering, Vol. 17, no. 1-4, 1989, pp. 340-346.
- Wetherill, G. & Chiu, W., "A review of acceptance sampling schemes with emphasis on the economic aspect", International Statistics Review, Vol. 43, no. 2, 1975, pp. 191-210.
- Δαμιανός, Χ., 1996, Στατιστικός έλεγχος ποιότητας και αξιοπιστία., Αθήνα., pp.44-66.
- Δαμιανός, Χ., 1992, Μεθοδολογία δειγματοληψίας (τεχνικές και εφαρμογές) 2^η έκδοση., Εκδόσεις Αίθρα, Αθήνα., pp.44-66.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Ανάλυση ευαισθησίας του απλού και διπλού δειγματοληπτικού σχεδίου

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια προσπάθεια να φανεί διαγραμματικά η σχέση που συνδέει την χαρακτηριστική καμπύλη και το μέσο αριθμό δείγματος (Average Sample Number) ενός απλού και ενός διπλού δειγματοληπτικού σχεδίου με τα χαρακτηριστικά μεγέθη του σχεδίου. Τέτοια μεγέθη είναι το μέγεθος των δειγμάτων και τα όρια αποδοχής και απόρριψης. Αφήνοντας ένα από τα μεγέθη αυτά να μεταβάλλεται και κρατώντας τα υπόλοιπα σταθερά, δημιουργούνται μια σειρά από διαφορετικά δειγματοληπτικά σχέδια τα οποία και αναλύονται προκειμένου να σχεδιαστούν οι επιθυμητές καμπύλες. Το κεφάλαιο ξεκινά με μια αναφορά στις πηγές της βιβλιογραφίας όπου συναντώνται ανάλογες αναλύσεις και συνεχίζεται με την παρουσίαση των εναλλακτικών σεναρίων και των αποτελεσμάτων.

3.1 Βιβλιογραφική αναφορά

Σε πολλά από τα συγγράμματα που ασχολούνται με τη στατιστική και το βιομηχανικό ποιοτικό έλεγχο, παρουσιάζονται σε διαφορετική έκταση και λεπτομέρεια οι σχέσεις εξάρτησης των δειγματοληπτικών σχεδίων από τα βασικά τους μεγέθη.

Όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί των βασικών μεγεθών του απλού σχεδίου αναλύονται (Juran & Gryna, 1973) ξεκινώντας με τη σταθεροποίηση του λόγου των μεγεθών δείγματος και πληθυσμού, το μηδενισμό του ορίου αποδοχής και την παραμετροποίηση του μεγέθους του πληθυσμού. Επίσης εξετάζονται περιπτώσεις όπου τα βασικά μεγέθη κρατούνται εναλλάξ σταθερά αφήνοντας τα υπόλοιπα να μεταβάλλονται.

Ανανεώνοντας την προηγούμενη εργασία, οι συγγραφείς ένα χρόνο αργότερα (Juran, Gryna, & Bingham, 1974) πρόσθεσαν την περίπτωση όπου το μέγεθος του δείγματος μεταβάλλεται διατηρώντας σταθερά μηδενικό το όριο αποδοχής. Τέλος, εξετάζεται η περίπτωση μεταβαλλόμενων μεγεθών

δείγματος και ορίου αποδοχής και άπειρων τιμών για το μέγεθος του πληθυσμού.

Μία αρκετά εκτενής εργασία (Charbonneau & Webster, 1978) περιλαμβάνει σχέδια που προκύπτουν κρατώντας εναλλάξ σταθερά τα ζεύγη AQL με το ρίσκο του παραγωγού και LTPD με το ρίσκο του καταναλωτή. Επίσης γίνεται ανάλυση διατηρώντας σταθερό το λόγο μεγεθών δείγματος προς πληθυσμού και έχοντας μηδενικό το όριο αποδοχής. Ακόμα εξετάζονται οι περιπτώσεις με σταθερό μέγεθος δείγματος και όριο αποδοχής και μεταβαλλόμενο μέγεθος πληθυσμού καθώς και η περίπτωση σταθερού μεγέθους δείγματος και μεταβαλλόμενου ορίου αποδοχής.

Η περίπτωση σταθεροποίησης του AQL έχοντας ως μεταβλητή το μέγεθος του δείγματος εξετάζεται σε μία ακόμα εργασία (Engick, 1985).

Κρατώντας σταθερό μόνο το μέγεθος του πληθυσμού και μεταβάλλοντας το μέγεθος του δείγματος και το όριο αποδοχής, οι συγγραφείς καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι αυξάνοντας το όριο και την πιθανότητα αποδοχής, αυξάνεται και το μέγεθος του δείγματος για δεδομένο πληθυσμό (Grant & Leavenworth, 1988). Επίσης διατηρώντας σταθερό το λόγο μεγέθους δείγματος προς όριο αποδοχής συμπεραίνεται ότι όσο αυξάνεται το μέγεθος του δείγματος τόσο πιο απότομη γίνεται η χαρακτηριστική καμπύλη του σχεδίου.

Σε ακόμη μια εργασία τα μεγέθη AQL και LTPD διατηρούνται εναλλάξ σταθερά και αφήνονται να μεταβάλλονται το μέγεθος του δείγματος και το όριο αποδοχής (Feigenbaum, 1991).

Όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί των βασικών μεγεθών του απλού σχεδίου εξετάζονται (Montgomery, 1997) ενώ παρουσιάζονται καμπύλες για το μέσο μέγεθος δείγματος αλλά και τις πιθανότητες αποδοχής και απόρριψης των δύο σταδίων του διπλού δειγματοληπτικού σχεδίου.

Τέλος η μεταβολή του μεγέθους του δείγματος με τη διατήρηση του ορίου αποδοχής του απλού σχεδίου και η παρουσίαση των διαδοχικών σταδίων του διπλού αποτελεί αντικείμενο μελέτης μιας ακόμα εργασίας (Shirland, 1998).

3.2 Παρουσίαση των εναλλακτικών σχεδίων

Σε αυτό το σημείο θα παρουσιάσουμε τις παραμέτρους των δειγματοληπτικών σχεδίων που χρησιμοποιήθηκαν για να εξαχθούν οι καμπύλες που εμφανίζονται αργότερα στην εργασία. Οι πιθανότητες που παρουσιάζονται υπολογίζονται χρησιμοποιώντας τη διωνυμική κατανομή.

Πίνακας 3.1. Παράμετροι των απλών σχεδίων που χρησιμοποιήθηκαν

Μέγεθος Δείγματος n	Όριο Αποδοχής c
25	0
50	0
75	0
50	1
50	2
25	1
75	3

Πίνακας 3.2. Παράμετροι των διπλών σχεδίων που χρησιμοποιήθηκαν

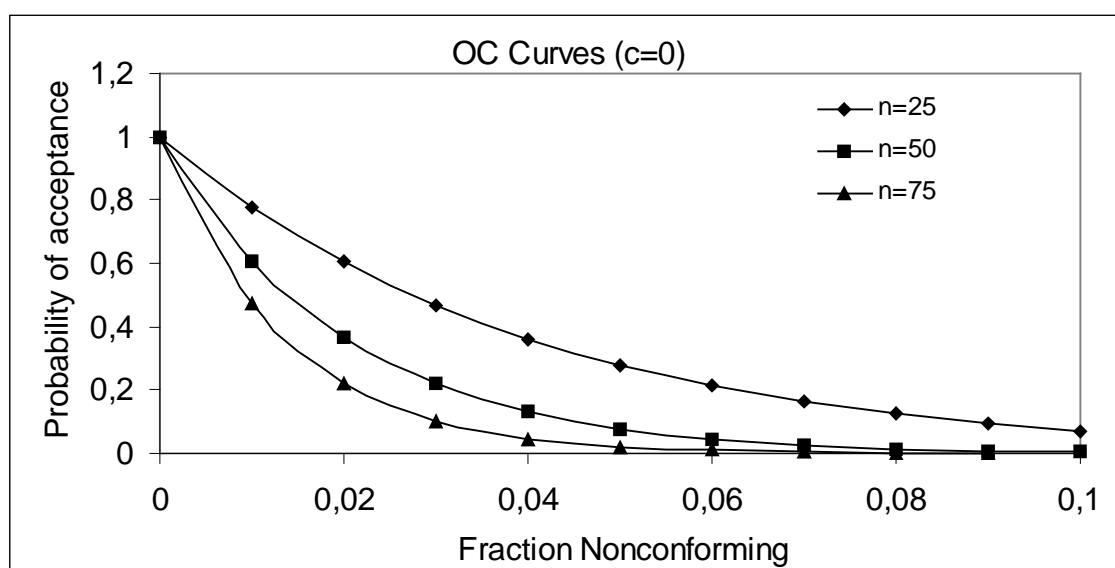
Μέγεθος Πρώτου Δείγματος n₁	Πρώτο Όριο Αποδοχής c₁	Πρώτο Όριο Απόρριψης R₁	Μέγεθος Δεύτερου Δείγματος n₂	Δεύτερο Όριο Αποδοχή c₂	Δεύτερο Όριο Απόρριψης R₂
50	1	4	50	5	6
100	1	4	50	5	6
150	1	4	50	5	6
50	1	4	100	5	6
50	1	4	150	5	6
50	0	4	50	5	6
50	2	4	50	5	6
50	1	4	50	4	5
50	1	4	50	6	7
50	1	3	50	5	6
50	1	5	50	5	6
150	3	6	150	7	8
100	2	4	100	5	6
40	1	4	80	4	5
60	1	4	120	6	7

3.3 Παρουσίαση διαγραμμάτων

Αφού παρουσιάστηκαν συνοπτικά τα σχέδια που χρησιμοποιήθηκαν, παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα που προκύπτουν για τη χαρακτηριστική καμπύλη και το μέσο μέγεθος δείγματος. Τα αντίστοιχα διαγράμματα παρουσιάζονται σε διαφορετικές ενότητες ανάλογα με το ποια παράμετρος διατηρείται σταθερή και ποιες αφήνονται ελεύθερες να μεταβάλλονται.

3.3.1. Απλά δειγματοληπτικά σχέδια με σταθερό όριο αποδοχής και μεταβαλλόμενο μέγεθος δείγματος

Κρατώντας σταθερό το όριο αποδοχής στην τιμή $c=0$, και δίνοντας στο μέγεθος δείγματος τις τιμές $n=25, 50, 75$, προκύπτουν το παρακάτω διάγραμμα για τη χαρακτηριστική καμπύλη.

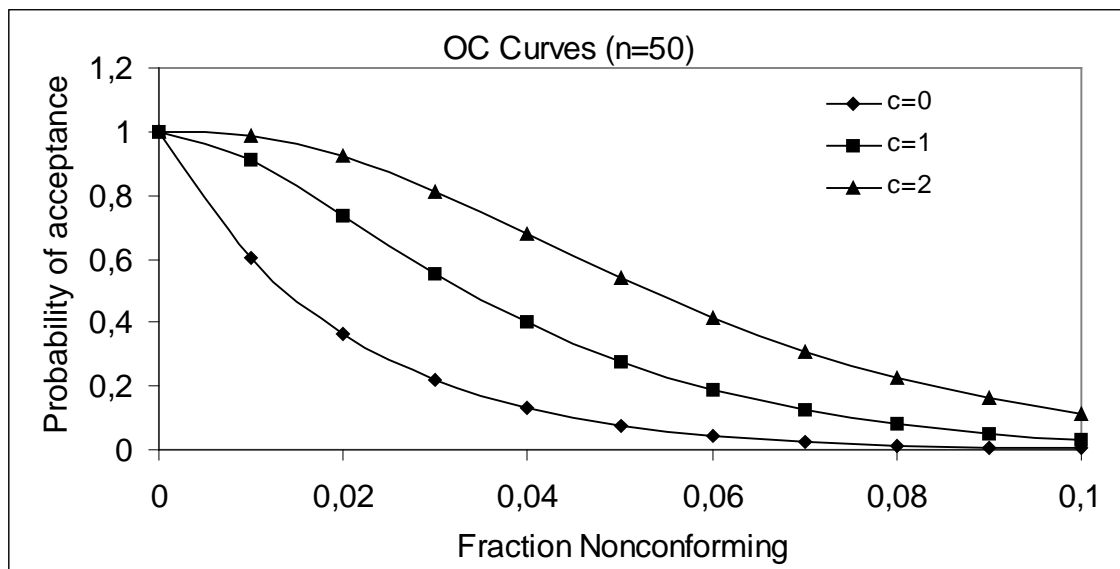


Σχήμα 3.1. Χαρακτηριστική καμπύλη απλών δειγματοληπτικού σχεδίων για μεταβαλλόμενο μέγεθος δείγματος και μηδενικό όριο αποδοχής

Από το παραπάνω διάγραμμα προκύπτει ότι η πιθανότητα αποδοχής μειώνεται με την αύξηση του μεγέθους του δείγματος. Επίσης επιβεβαιώνεται η άποψη που έχει καταγραφεί στη βιβλιογραφία ότι η κλίση της χαρακτηριστικής καμπύλης αυξάνεται με την αύξηση του μεγέθους του δείγματος.

3.3.2. Απλά δειγματοληπτικά σχέδια με σταθερό μέγεθος δείγματος και μεταβαλλόμενο όριο αποδοχής.

Στην ενότητα αυτή τα σχέδια που αναλύονται έχουν σταθερό μέγεθος δείγματος $n=50$ και το όριο αποδοχής λαμβάνει διαδοχικά τις τιμές $c=0, 1, 2$. Το αντίστοιχο διάγραμμα φαίνεται παρακάτω.

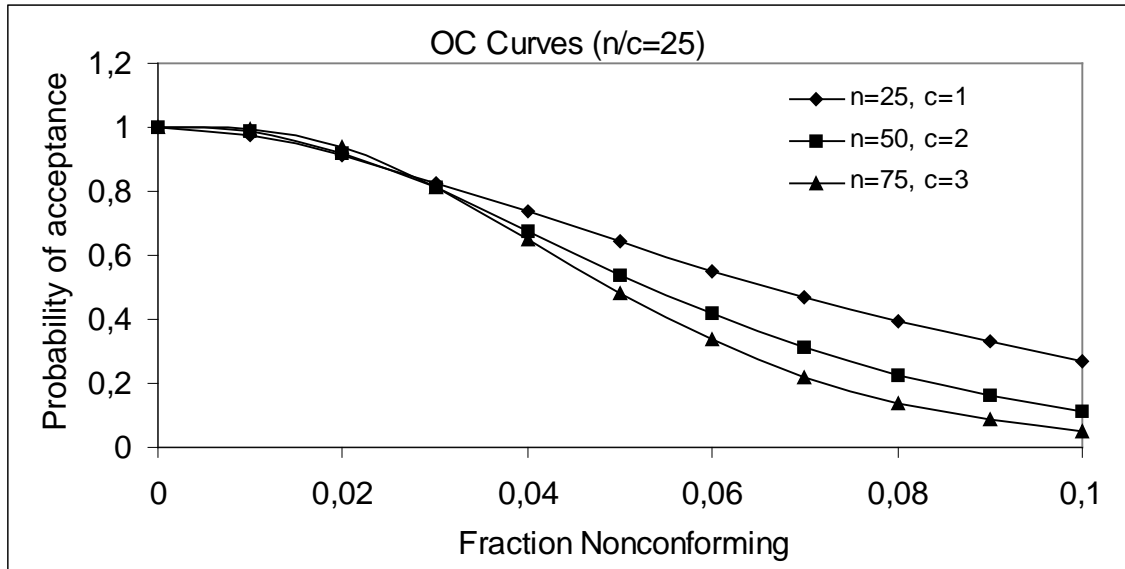


Σχήμα 3.2. Χαρακτηριστική καμπύλη απλών δειγματοληπτικού σχεδίων για μεταβαλλόμενο όριο αποδοχής και σταθερό μέγεθος δείγματος

Αυτό που παρατηρείται είναι αυτό που αναμέναμε, δηλαδή αυξάνοντας το όριο αποδοχής αυξάνεται και η πιθανότητα αποδοχής. Σε σχέση με την κλίση της καμπύλης αυτή μειώνεται όσο αυξάνεται το όριο αποδοχής.

3.3.3. Απλά δειγματοληπτικά σχέδια με σταθερό λόγο μεγέθους δείγματος και ορίου αποδοχής

Στο σημείο αυτό παρατίθενται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τη σταθεροποίηση του λόγου μεγέθους δείγματος προς ορίου αποδοχής στην τιμή $n/c=25$ όταν σε αυτά δίνονται αντίστοιχα οι τιμές $n=25, 50, 75$ και $c=1, 2, 3$.

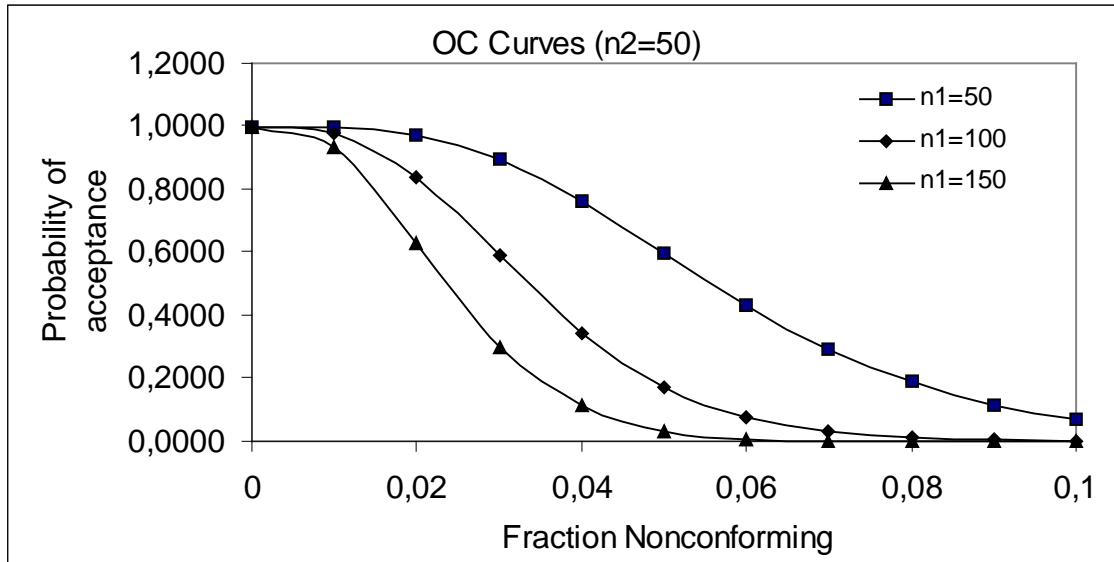


Σχήμα 3.3. Χαρακτηριστική καμπύλη απλών δειγματοληπτικού σχεδίων για σταθερό λόγο μεγέθους δείγματος και ορίου αποδοχής

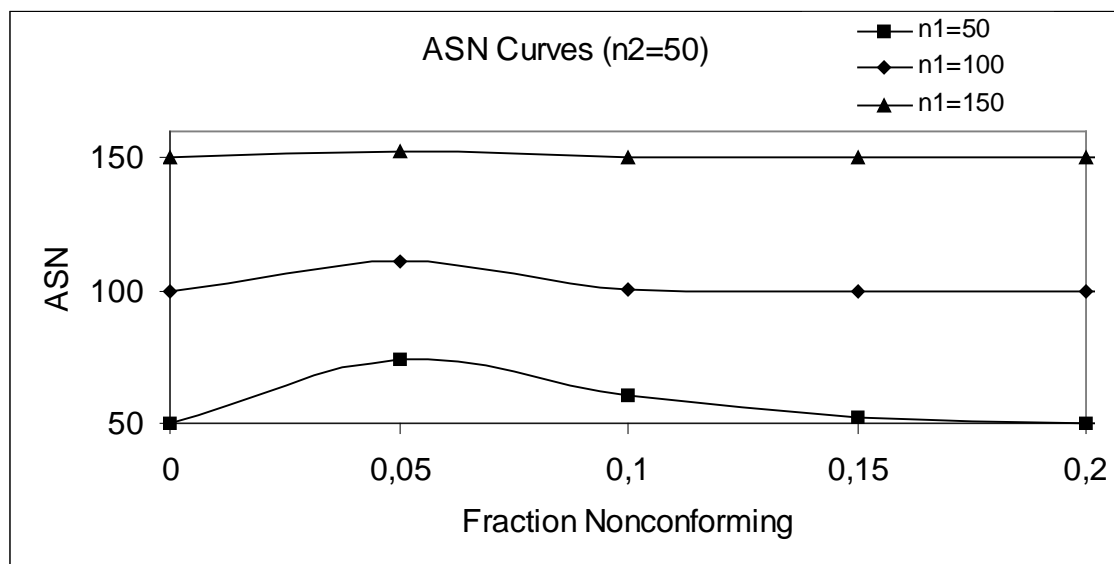
Παρατηρείται ότι μετά από ένα χαρακτηριστικό σημείο του ποσοστού ελαττωματικών (κοντά στο 0,03) οι καμπύλες αρχίζουν να διαχωρίζονται και να έχουν μια γρήγορη πτώση.

3.3.4. Διπλά δειγματοληπτικά σχέδια με μεταβαλλόμενο το μέγεθος του πρώτου δείγματος

Στο κομμάτι αυτό της εργασίας ξεκινάει η ενασχόληση με τα διπλά δειγματοληπτικά σχέδια. Συγκεκριμένα εδώ παρουσιάζονται τα διαγράμματα της χαρακτηριστικής καμπύλης και του μέσου μεγέθους δείγματος, όταν μεταβάλλεται το μέγεθος του πρώτου δείγματος στις τιμές $n_1=20, 100, 150$ ενώ τα υπόλοιπα μεγέθη παραμένουν σταθερά στις τιμές που αναφέρονται στους προηγούμενους πίνακες.



Σχήμα 3.4. Χαρακτηριστική καμπύλη διπλών δειγματοληπτικού σχεδίων για μεταβαλλόμενο μέγεθος του πρώτου δείγματος

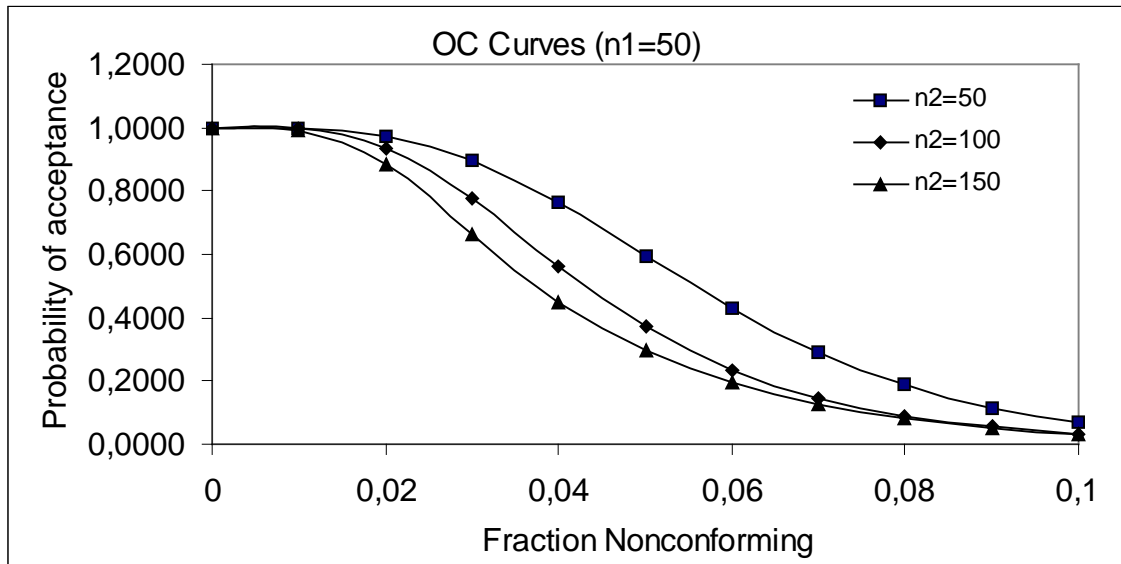


Σχήμα 3.5. Μέσο μέγεθος δείγματος διπλών δειγματοληπτικού σχεδίων για μεταβαλλόμενο μέγεθος του πρώτου δείγματος

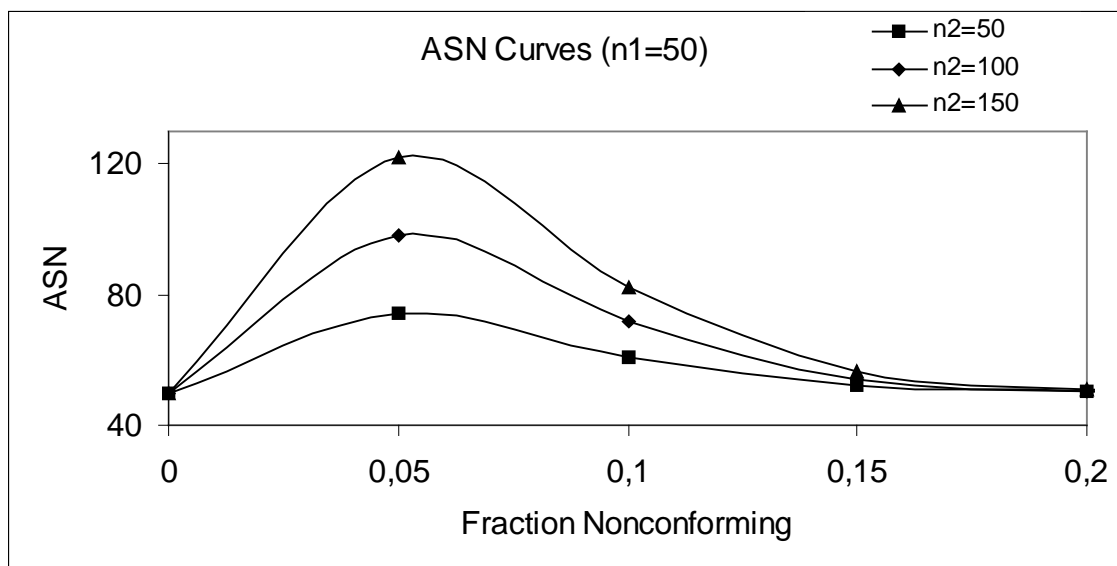
Παρατηρούμε ότι τα συμπεράσματα που επισημάναμε στην αντίστοιχη περίπτωση των απλών σχεδίων ισχύουν και εδώ, παρατηρώντας όμως μεγάλη διαφορά στην κλίση της καμπύλης κατά τη μεταβολή από $n_1 = 50$ σε $n_1 = 100$. Επίσης, η οριζοντιοποίηση που παρατηρείται στις καμπύλες του μέσου μεγέθους δείγματος επέρχεται πιο γρήγορα όσο αυξάνει το μέγεθος του πρώτου δείγματος.

3.3.5. Διπλά δειγματοληπτικά σχέδια με μεταβαλλόμενο το μέγεθος του δεύτερου δείγματος

Στο σημείο αυτό, το μεταβαλλόμενο μέγεθος είναι το μέγεθος του δεύτερου δείγματος το οποίο παίρνει διαδοχικά τις τιμές $n_2=50$, 100, 150 διατηρώντας τα υπόλοιπα μεγέθη σταθερά. Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω.



Σχήμα 3.6. Χαρακτηριστική καμπύλη διπλών δειγματοληπτικού σχεδίων για μεταβαλλόμενο μέγεθος του δεύτερου δείγματος

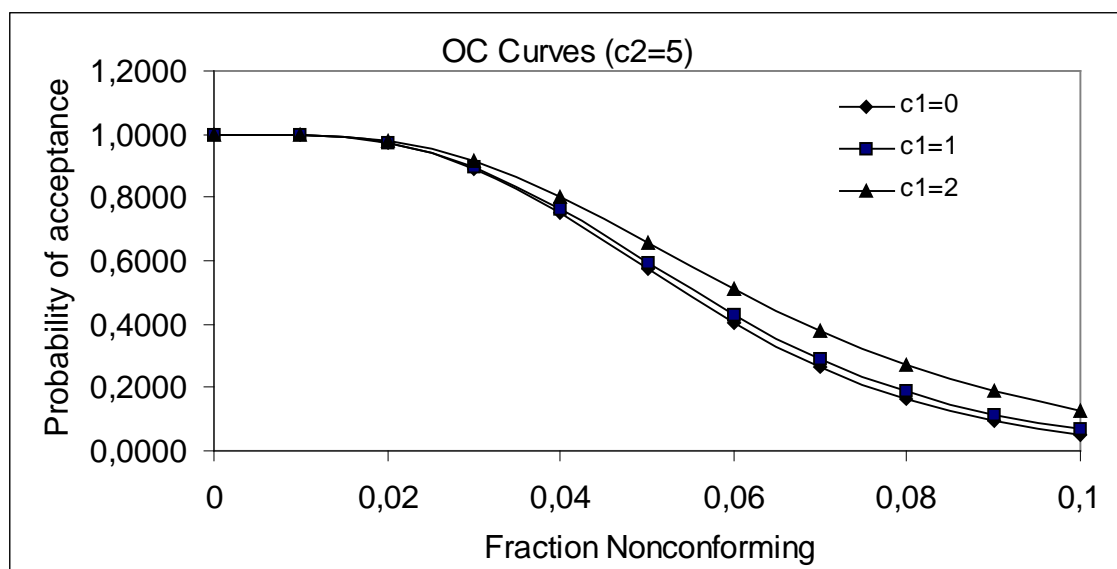


Σχήμα 3.7. Μέσο μέγεθος δείγματος διπλών δειγματοληπτικού σχεδίων για μεταβαλλόμενο μέγεθος του πρώτου δείγματος

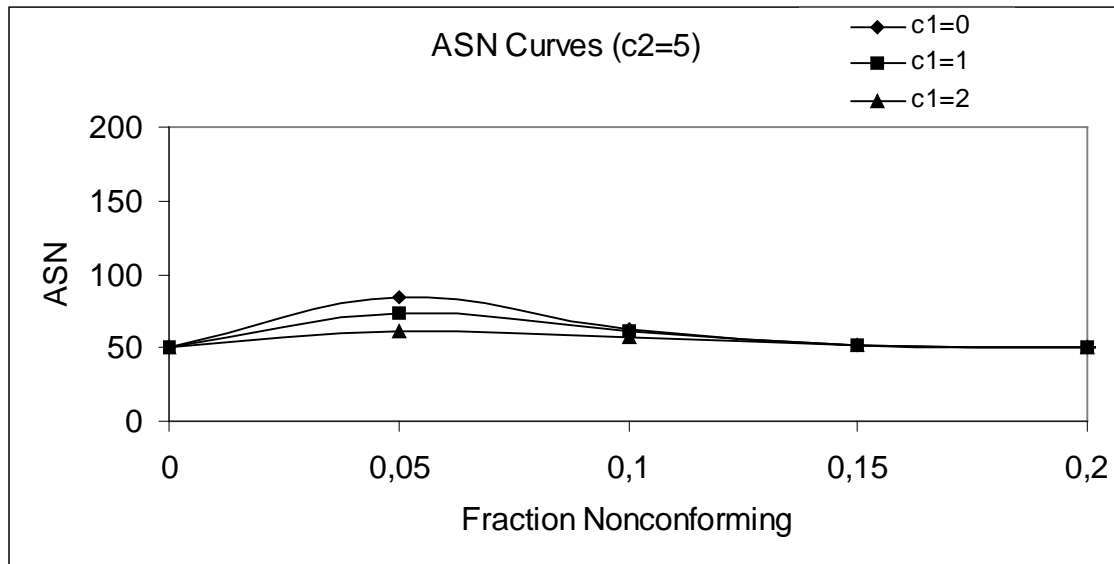
Αυτό που παρατηρούμε συνολικά είναι ότι η μεταβολή του μεγέθους του πρώτου δείγματος έχει πιο ραγδαία επίδραση στη μορφή της χαρακτηριστικής καμπύλης από ότι έχει η μεταβολή του πρώτου. Κάτι ανάλογο συμβαίνει και με το μέσο αριθμό δείγματος αφού η οριζοντιοποίηση στις καμπύλες της μεταβολής του πρώτου δείγματος επέρχεται συντομότερα από ότι στη μεταβολή του δευτέρου. Αντίθετα με ότι παρατηρήθηκε στην μεταβολή του πρώτου δείγματος, η καμπύλη του μέσου μεγέθους δείγματος οριζοντιώνεται πιο γρήγορα με την μείωση του μεγέθους του πρώτου δείγματος.

3.3.6. Διπλά δειγματοληπτικά σχέδια με μεταβαλλόμενο πρώτο όριο αποδοχής

Στο σημείο αυτό στα διπλά σχέδια αφήνουμε να μεταβάλλεται το πρώτο όριο αποδοχής στις τιμές $c_1=0, 1, 2$, ενώ τα υπόλοιπα μεγέθη μένουν σταθερά.



Σχήμα 3.8. Χαρακτηριστική καμπύλη διπλών δειγματοληπτικού σχεδίων για μεταβαλλόμενο πρώτο όριο αποδοχής

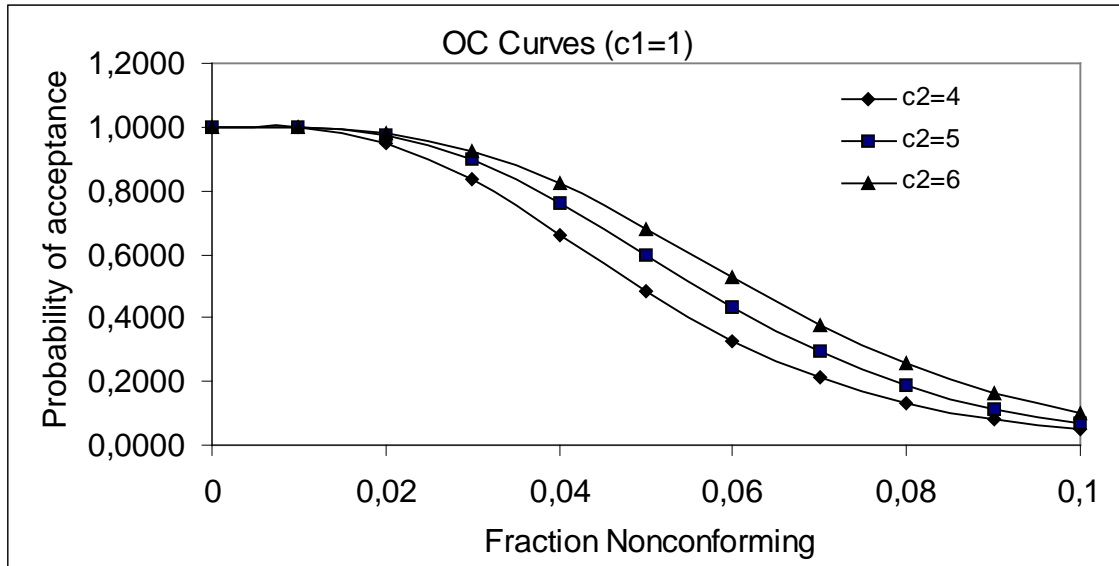


Σχήμα 3.9. Μέσο μέγεθος δείγματος διπλών δειγματοληπτικού σχεδίων για μεταβαλλόμενο πρώτο όριο αποδοχής

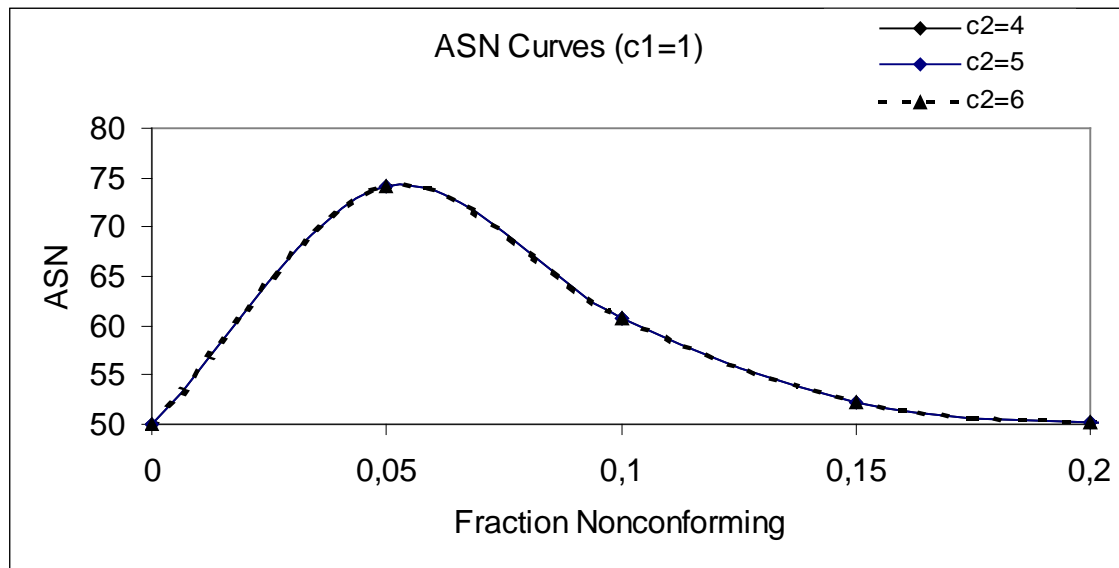
Παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται το πρώτο όριο αποδοχής, τόσο αυξάνεται η πιθανότητα αποδοχής, όπως ήταν αναμενόμενο χωρίς να μεταβάλλεται αισθητά η κλίση της καμπύλης, αλλά και τόσο πιο γρήγορα οριζοντιώνεται η καμπύλη του μέσου μεγέθους δείγματος.

3.3.7. Διπλά δειγματοληπτικά σχέδια με μεταβαλλόμενο δεύτερο όριο αποδοχής

Η ενότητα αυτή περιλαμβάνει τα αντίστοιχα διαγράμματα για τη μεταβολή του δεύτερου ορίου αποδοχής ενός διπλού δειγματοληπτικού σχεδίου στις τιμές $c_2=4, 5, 6$.



Σχήμα 3.10. Χαρακτηριστική καμπύλη διπλών δειγματοληπτικού σχεδίων για μεταβαλλόμενο δεύτερο όριο αποδοχής

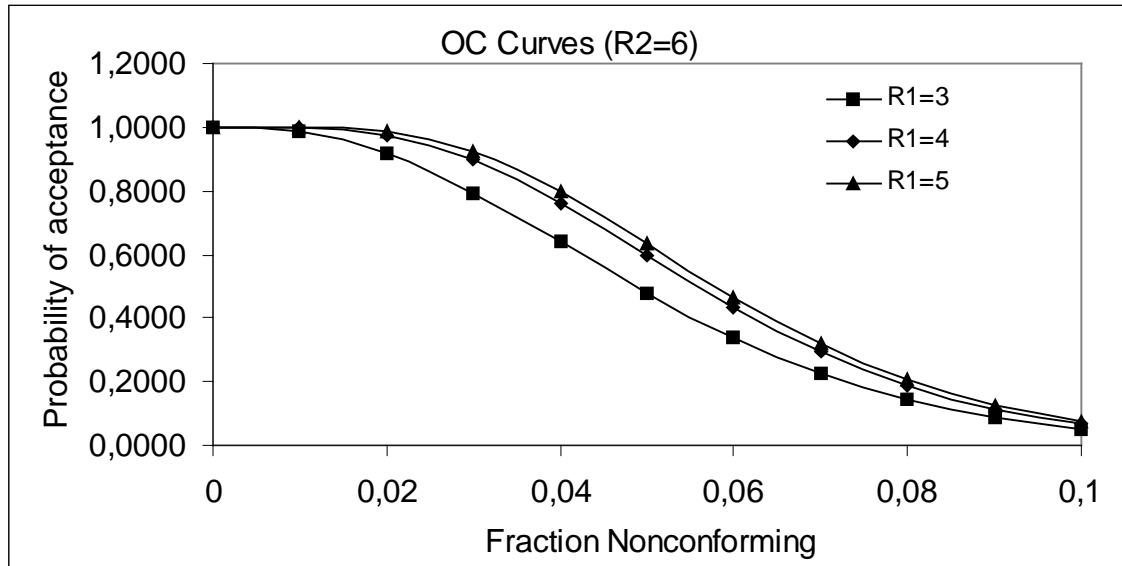


Σχήμα 3.11. Μέσο μέγεθος δείγματος διπλών δειγματοληπτικού σχεδίων για μεταβαλλόμενο δεύτερο όριο αποδοχής

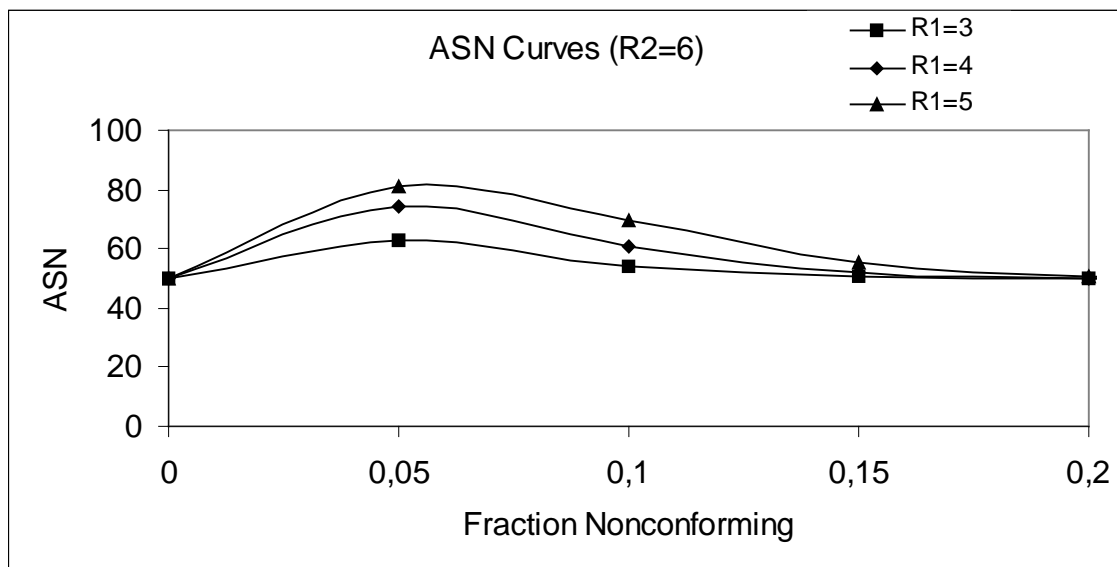
Παρατηρούμε ότι οι χαρακτηριστικές καμπύλες για τη μεταβολή του δεύτερου ορίου αποδοχής, έχουν ελαφρώς μικρότερη κλίση από τις αντίστοιχες της μεταβολής του πρώτου ορίου, ενώ ισχύουν τα ίδια για τη σχέση του ορίου και της πιθανότητας αποδοχής. Τέλος, το μέσο μέγεθος δείγματος δεν μεταβάλλεται με τη μεταβολή του δεύτερου ορίου καθώς δεν εξαρτάται από αυτό.

3.3.8. Διπλά δειγματοληπτικά σχέδια με μεταβαλλόμενο πρώτο όριο απόρριψης

Στο σημείο αυτό μελετάται η εξάρτηση των σχεδίων από το πρώτο όριο απόρριψης όταν αυτό παίρνει τις τιμές $R_1=3, 4, 5$.



Σχήμα 3.12. Χαρακτηριστική καμπύλη διπλών δειγματοληπτικού σχεδίων για μεταβαλλόμενο πρώτο όριο απόρριψης

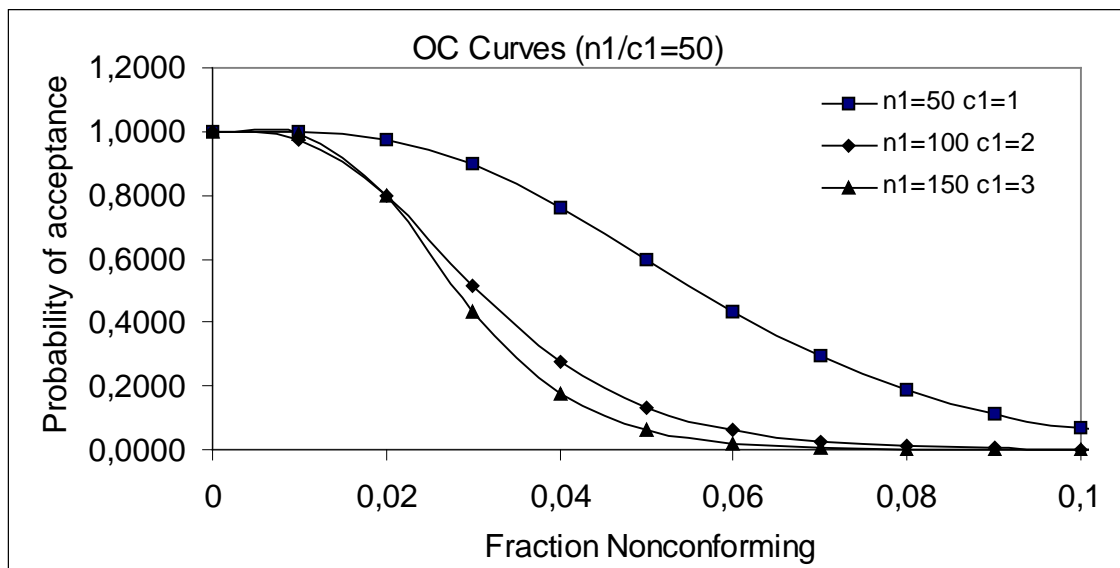


Σχήμα 3.13. Μέσο μέγεθος δείγματος διπλών δειγματοληπτικού σχεδίων για μεταβαλλόμενο πρώτο όριο απόρριψης

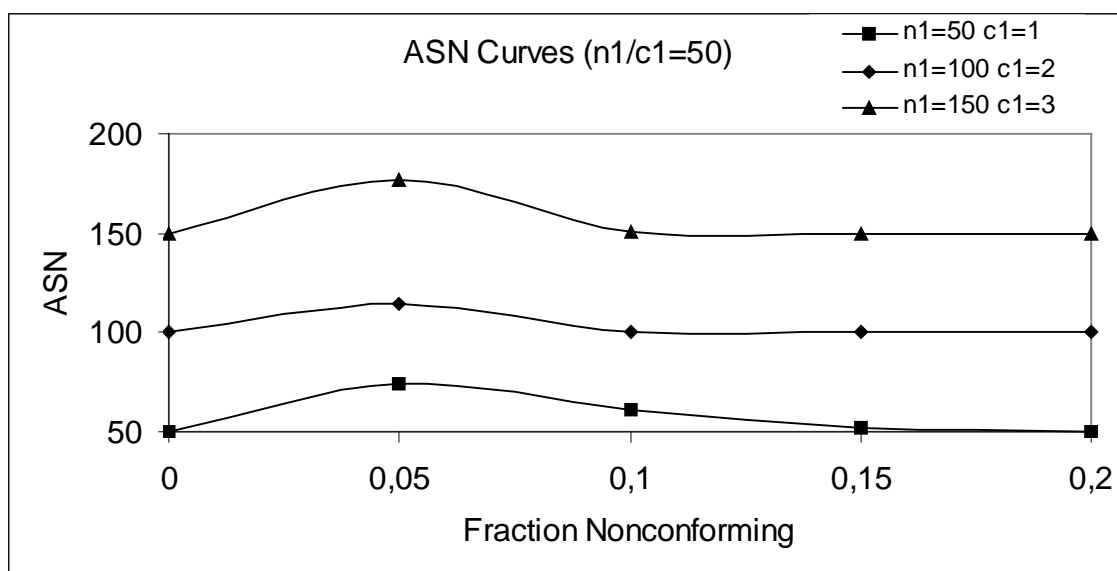
Παρατηρούμε ότι όσο αυξάνει το πρώτο όριο απόρριψης τόσο αυξάνει και η πιθανότητα αποδοχής και τόσο πιο αργά οριζοντιώνεται η καμπύλη του μέσου μεγέθους του δείγματος.

3.3.9. Διπλά δειγματοληπτικά σχέδια με σταθερό λόγο μεγέθους πρώτου δείγματος και πρώτου ορίου απόρριψης

Αυτό που μένει σταθερό εδώ είναι ο λόγος μεγέθους πρώτου δείγματος και πρώτου ορίου απόρριψης στην τιμή $n_1/c_1=50$ μεταβάλλοντας ανάλογα τα μεγέθη του λόγου.



Σχήμα 3.14. Χαρακτηριστική καμπύλη διπλών δειγματοληπτικού σχεδίων για σταθερό λόγο μεγέθους πρώτου δείγματος και πρώτου ορίου αποδοχής

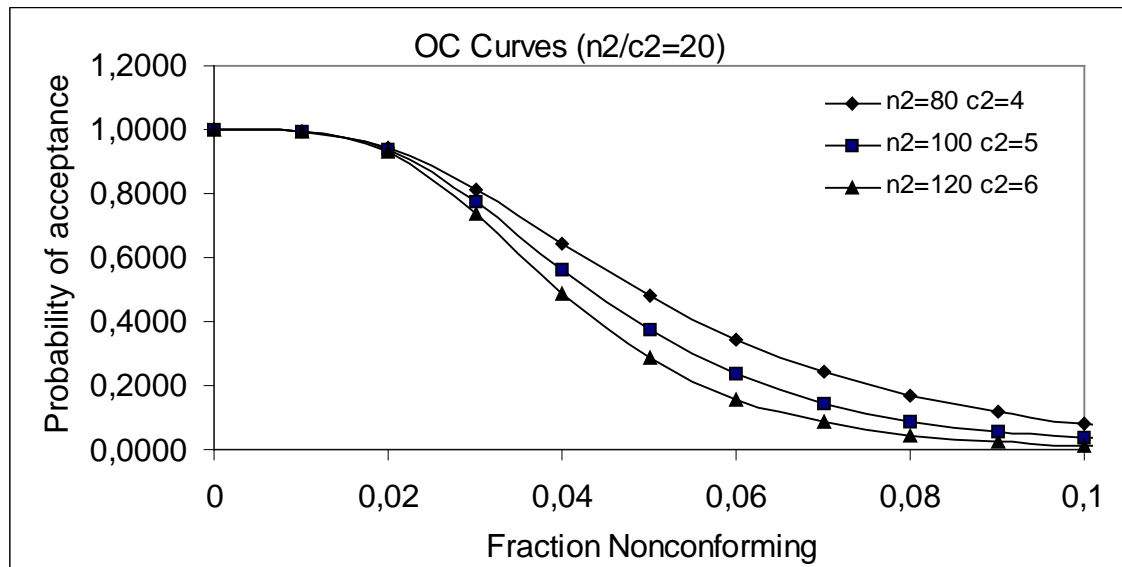


Σχήμα 3.15. Μέσο μέγεθος δείγματος διπλών δειγματοληπτικού σχεδίων για σταθερό λόγο μεγέθους πρώτου δείγματος και πρώτου ορίου αποδοχής

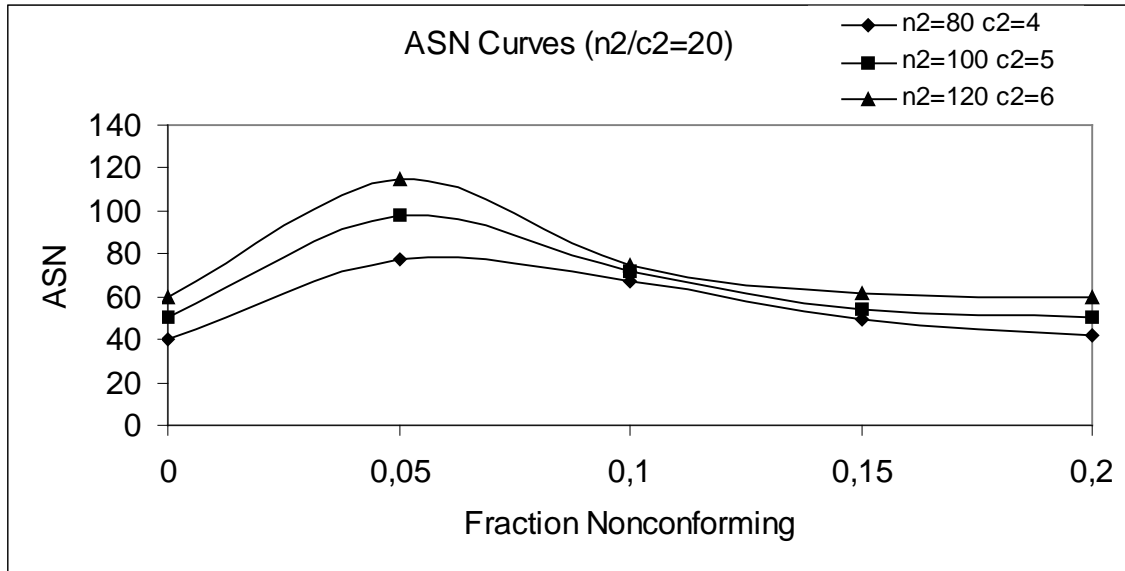
Επιβεβαιώνεται το προηγούμενο συμπέρασμα μας ότι η αύξηση του μεγέθους του δείγματος οδηγεί σε αύξηση της κλίσης της χαρακτηριστικής καμπύλης. Αντίθετα, παρόλο που τόσο η αύξηση του μεγέθους του δείγματος όσο και του ορίου αποδοχής οδηγούν σε γρήγορη οριζοντίωση, η ταυτόχρονη αύξηση τους δεν φαίνεται να έχει το ίδιο αποτέλεσμα.

3.3.10. Διπλά δειγματοληπτικά σχέδια με σταθερό λόγο μεγέθους δευτέρου δείγματος και δευτέρου ορίου απόρριψης

Η ανάλυση ευαισθησίας κλείνει με την εξέταση της περίπτωσης όπου ο λόγος του μεγέθους του δευτέρου δείγματος και του δευτέρου ορίου απόρριψης σταθεροποιείται στην τιμή $n_2/c_2=20$.



Σχήμα 3.16. Χαρακτηριστική καμπύλη διπλών δειγματοληπτικού σχεδίων για σταθερό λόγο μεγέθους δευτέρου δείγματος και δευτέρου ορίου αποδοχής



Σχήμα 3.17. Μέσο μέγεθος δείγματος διπλών δειγματοληπτικού σχεδίων για σταθερό λόγο μεγέθους δεύτερου δείγματος και δεύτερου ορίου αποδοχής

Παρατηρούμε ότι και εδώ η αύξηση του δείγματος οδηγεί σε αύξηση της κλίσης της χαρακτηριστικής καμπύλης. Τέλος η οριζοντίωση των καμπύλων του μέσου μεγέθους του δείγματος δεν είναι τόσο προφανής όσο στις προηγούμενες περιπτώσεις.

3.4 Βιβλιογραφία κεφαλαίου 3

- Juran, J. M. & Gryna, F. M. Jr., (1973). Quality planning and analysis. Mc Graw-Hill, Inc., New York, pp. 342–345.
- Juran, J. M., Gryna F. M. Jr. & Bingham, R. S. Jr., (1974). Quality control handbook (3rd edition). Mc Graw-Hill, Inc., U.S.A., pp. 24.10–24.16.
- Charbonneau, H. H. & Webster G. L., (1978). Industrial quality control. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, pp. 142–146.
- Enrick, N. L., (1985). Quality, reliability and process improvement (8th edition). Industrial Press, Inc., New York, pp. 35.
- Grant, E. L. & Leavenworth, R. S., (1988). Statistical quality control (6th edition). Mc Graw-Hill., Inc., New York, pp. 6–7.
- Feigenbaum, A. V., (1991). Total quality control (3rd edition revised). Mc Graw-Hill, Inc., New York, pp. 480–481.
- Montgomery D. C., (1997). Introduction to statistical quality control (3rd edition). John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., pp. 616–630.
- Shirland, L. E., (1998). Statistical quality control with microcomputer applications. John Wiley & Sons, Inc., New York, pp.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Επέκταση του Πίνακα II-A μονών δειγματοληπτικών σχεδίων με κανονική επιθεώρηση του προτύπου ANSI/ASQC Z1.4-1981.

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επέκτασης του Πίνακα II-A του προτύπου ANSI/ASQC Z1.4-1981, έτσι ώστε να συμπεριλαμβάνονται σε αυτόν πολύ περισσότερες τιμές του AQL. Η διαδικασία που ακολουθείται για την επέκταση αυτή είναι εκείνη που περιγράφεται στο ίδιο το πρότυπο ή σε παλαιότερες εκδόσεις του και αφορά περιπτώσεις που καμία από τις προτεινόμενες τιμές του AQL δεν ταυτίζεται με αυτή του ελέγχου. Το κεφάλαιο ξεκινά με μια σύντομη ιστορική αναδρομή της εξέλιξης των προτύπων έως αυτό που εξετάζουμε, συνεχίζεται με την αναφορά σε κάποιους από τους ορισμούς που έχουν δοθεί κατά καιρούς στο AQL και κλείνει με την ανάλυση της διαδικασίας επέκτασης και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

4.1 Ιστορική αναδρομή

Η επιλογή δειγματοληπτικών σχεδίων με τον τρόπο που υιοθετεί το πρότυπο αυτό βασίζεται στην επιλογή της κατάλληλης τιμής του AQL. Για το λόγο αυτό έχει καθιερωθεί οι επιλογές σχεδίων κατ' αυτόν τον τρόπο να καλούνται συστήματα AQL. Τα συστήματα αυτά θεωρούνται σημαντικά λόγω της ευρείας χρήσης τους σε βιομηχανικές εφαρμογές δειγματοληψίας αποδοχής για διαφόρων ειδών προϊόντα. Εξ' άλλου σε πολλές περιπτώσεις όπου εμπλέκονται προμήθειες από δημόσιους οργανισμούς, η χρήση στρατιωτικών προτύπων που κατά βάση χρησιμοποιούν τα συστήματα αυτά κρίνεται επιβεβλημένη.

Η ιδέα για τα συστήματα αυτά εκφράστηκε παράλληλα με την ανάπτυξη της δειγματοληψίας αποδοχής ως ανάγκη του τμήματος διαχείρισης των εφοδίων του αμερικάνικου στρατού κατά τα πρώτα χρόνια του Β' παγκοσμίου πολέμου. Οι πρώτοι σχετικοί πίνακες αναπτύχθηκαν από μια ομάδα μηχανικών των εργαστηρίων Bell Telephone. Οι πίνακες αυτοί με κάποιες αλλαγές υιοθετήθηκαν από τις ένοπλες δυνάμεις προβλέποντας μονή και διπλή δειγματοληψία. Ανάλογοι πίνακες, με την προσθήκη όμως της πολλαπλής δειγματοληψίας, δημιουργήθηκαν και για το αμερικάνικο ναυτικό το 1945 από την Ομάδα Στατιστικής Έρευνας του Πανεπιστημίου της Κολούμπια. Οι πίνακες αυτοί υιοθετήθηκαν από το Υπουργείο Αμύνης των Η.Π.Α μετά την ενοποίηση των ενόπλων δυνάμεων το 1949 με την ονομασία JAN (Joint Army Navy) Standard 105.

Επιφέροντας σημαντικές αλλαγές στο πρότυπο αυτό, το 1950 δημιουργείται το στρατιωτικό πρότυπο MIL-STD-105A, για να ακολουθήσουν με μικρές ουσιαστικές τροποποιήσεις οι νεότερες εκδόσεις MIL-STD-105B και MIL-STD-105C το 1958 και 1961 αντίστοιχα. Οι προσπάθειες ανανέωσης του προτύπου συνεχίστηκαν με τη δημιουργία της ομάδας εργασίας ABC που είχε ως μέλη της στρατιωτικούς από την Αμερική, την Μεγάλη Βρετανία και τον Καναδά και σκοπό τη δημιουργία ενός κοινού προτύπου ιδιοτήτων και για τις τρεις χώρες. Το αποτέλεσμα αναγνωρίστηκε το 1963 με ονομασία MIL-STD-105D για τις Η.Π.Α. ενώ διεθνώς ονομαζόταν ABCSTD-105 έως το 1974 όπου ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης το άλλαξε σε ISO 2859. Νωρίτερα είχε υιοθετηθεί για εμπορικούς σκοπούς από τις Ηνωμένες Πολιτείες με την ονομασία ANSI/ASQC Z1.4, ενώ κάποιες προσθήκες έγιναν πριν πάρει την τελική του μορφή το 1981.

Οι τελευταίες αλλαγές που έγιναν στο πρότυπο το 1981, αφορούσαν την προσθήκη χαρακτηριστικών καμπύλων για όλα τα μονά δειγματοληπτικά σχέδια. Επίσης προστέθηκαν πίνακες αντίστοιχοι με τις καμπύλες, παράγοντες για το AOQL και τιμές LQ (Limiting Quality) που αφορούν το 5% και 10% ρίσκο του καταναλωτή. Ακόμα μια σημαντική αλλαγή είναι η αντικατάσταση των όρων ελαττωματικός (defective) και ελάττωμα (defect) με τις λέξεις μη συμμορφωμένο (nonconforming) και ασυμφωνία (nonconformity) αντίστοιχα. Παράλληλα, με τις τελευταίες αλλαγές καταργήθηκαν οι επίσημοι ορισμοί ταξινόμησης της σοβαρότητας των ελαττωματικών. Τέλος, η χρήση των αριθμών εναλλαγής μεταξύ κανονικής και χαλαρής επιθεώρησης έγινε προαιρετική και σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προμηθευτή και του καταναλωτή (Grant, Leavenworth, 1988).

Αξίζει να αναφέρουμε ότι τελευταία έχει ανανεωθεί η σειρά των στρατιωτικών προτύπων με την υιοθέτηση του MIL-STD-105E. Οι διαφορές με την προηγούμενη έκδοση αφορούν κυρίως στη διάταξη του αλλά και σε κάποιους ορισμούς. Έτσι κάποιες έννοιες διατηρήθηκαν ως είχαν, κάποιες ορίζονται ελαφρά διαφορετικά ενώ άλλες, συμπεριλαμβανομένου και του AQL, ορίζονται εντελώς διαφορετικά (Weber, 1991).

Τέλος στη Μεγάλη Βρετανία το MIL-STD-105D, είχε επικρατήσει ως Αμυντικές Προδιαγραφές 131A, ενώ τώρα αναγνωρίζεται ως BS (British Standard) 6001 και φυσικά ως ISO 2859 (Gascoigne και Hill, 1976).

4.2 Ορισμοί του AQL

Το AQL έχει κατά καιρούς χαρακτηριστεί με διάφορους ορισμούς. Αυτός που χρησιμοποιείται στο BS 6001 το ορίζει ως: “το μέγιστο ποσοστό ελαττωματικών (ή ο μέγιστος αριθμός ελαττωμάτων ανά εκατό κομμάτια) ο οποίος για τους σκοπούς του δειγματοληπτικού ελέγχου μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητικός ως η μέση τιμή της διαδικασίας” (Bravo και Wetherill, 1980). Σύμφωνα με το πρότυπο MIL-STD-105A, το AQL καθορίζεται από τον καταναλωτή, που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι οι αμερικάνικες στρατιωτικές αρχές, και αντιπροσωπεύει την ποιότητα που ο καταναλωτής επιθυμεί τόσο κατά μέσο όρο όσο και στο μέλλον (Tirrett, 1958). Σύμφωνα με άλλους συγγραφείς, το AQL είναι το πραγματικό ποσοστό μη συμμορφωμένων κομματιών που θεωρείται αποδεκτό επίπεδο ποιότητας και στο οποίο είναι επιθυμητό να γίνει αποδεκτό $(1-\alpha) \cdot 100\%$ μιας τέτοιας παρτίδας (Sylla και Drury, 1995). Επίσης πολλές φορές το AQL εμφανίζεται ως το χαμηλότερο επίπεδο ποιότητας της παραγωγικής διαδικασίας το οποίο θεωρείται αποδεκτό από τον καταναλωτή (Aminzadeh, 1996). Τέλος σύμφωνα με το πρότυπο MIL-STD-105E, το AQL είναι εκείνο το επίπεδο ποιότητας σε περίπτωση συνεχόμενων παρτίδων, όπου για τους σκοπούς του δειγματοληπτικού ελέγχου είναι ένα όριο για μια ικανοποιητική μέση τιμή της παραγωγικής διαδικασίας (Weber, 1991).

Σύμφωνα με το ISO 2859, ο κύριος σκοπός του συστήματος είναι να ελέγχει την αποδοχή των προϊόντων σε ένα επίπεδο ποιότητας ίσο ή καλύτερο από το AQL. Παρόλα αυτά, ο προσδιορισμός του AQL δε σημαίνει ότι ο παραγωγός έχει το δικαίωμα να παρέχει εν γνώσει του μη συμμορφωμένα προϊόντα. Άρα το AQL μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι ένας δείκτης των υπολογισμένων ρίσκων τα οποία ο καταναλωτής είναι διατεθειμένος να αποδεκτοί ώστε να επωφεληθεί των οικονομικών πλεονεκτημάτων της δειγματοληψίας αποδοχής (BS 6001, 1995).

4.3 Διαδικασία επέκτασης του Πίνακα II-A του προτύπου ANSI/ASQC Z1.4-1981

Ο πίνακας II-A του προτύπου ANSI/ASQC Z1.4-1981, όπως και οι αντίστοιχοι πίνακες παλαιότερων προτύπων, παρέχει 26 τιμές του AQL που εκτείνονται από το 0.010 (ένα μη συμμορφωμένο προϊόν ανά 10.000 προϊόντα) έως το 1000 (1000 ασυμφωνίες ανά 100 προϊόντα ή κατά μέσο όρο 10 ασυμφωνίες ανά προϊόν). Οι τιμές αυτές των AQL έχουν επιλεγθεί ως όροι γεωμετρικής προόδου όπου καθένας από αυτούς είναι περίπου μιάμιση φορά (κατά μέσο όρο, ο παράγοντας αύξησης της προόδου είναι η πέμπτη ρίζα του 10, ή το 1.585) ο προηγούμενος. Ομοίως το κάθε μέγεθος δείγματος που εμφανίζεται στην πρώτη στήλη του πίνακα είναι 1.585 φορές το προηγούμενο μέγεθος δείγματος. Αυτό σημαίνει ότι το γινόμενο “AQL•μέγεθος δείγματος” είναι περίπου σταθερό κατά τη διαγώνιο από πάνω δεξιά έως κάτω αριστερά στο συγκεκριμένο πίνακα.

Οι τιμές του AQL έως το 10 εκφράζουν είτε ποσοστό μη συμμορφωμένων προϊόντων είτε ασυμφωνίες ανά 100 προϊόντα, ενώ οι μεγαλύτερες του 10 τιμές εκφράζουν μόνο ασυμφωνίες ανά 100 προϊόντα. Οι πολύ μεγάλες τιμές του AQL δε χρησιμοποιούνται συχνά καθώς υπαινίσσονται ότι ένα προϊόν του οποίου όλα τα μέρη περιέχουν ασυμφωνίες μπορούν να θεωρηθεί ικανοποιητικό. Κάτι τέτοιο είναι ανεκτό σε περιπτώσεις πολύ σύνθετων κατασκευών όπως ένα αυτοκίνητο όπου κάποιες ασυμφωνίες να μπορούν να χαρακτηριστούν μικρής σημασίας.

Όταν το AQL που έχει επιλεγθεί για το δειγματοληπτικό έλεγχο συμπίπτει με μία από τις 26 τιμές του πίνακα, τότε το δειγματοληπτικό σχέδιο που περιγράφεται από το μέγεθος του δείγματος και το όριο αποδοχής που υποδεικνύει ο πίνακας, χρησιμοποιείται. Σε αντίθετη περίπτωση, αρχικά αυτός που επέλεξε τη συγκεκριμένη τιμή του AQL για τον έλεγχο, καλείται να επανεξετάσει την επιλογή του και το ενδεχόμενο επιλογής μιας από τις 26 προτεινόμενες τιμές. Αν κάτι τέτοιο δεν είναι δυνατόν, ο Πίνακας II-A και τα δειγματοληπτικά σχέδια τα οποία περιγράφει δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν και απαιτούνται νέα δειγματοληπτικά σχέδια που να ταιριάζουν με τη συγκεκριμένη τιμή AQL. Σκοπός του κεφαλαίου αυτού της εργασίας είναι να δημιουργήσει μία προέκταση του Πίνακα II-A έτσι ώστε να περιγράφονται δειγματοληπτικά σχέδια που να αφορούν πολύ περισσότερες από 26 τιμές του AQL. Η διαδικασία με την οποία γίνεται η επέκταση αυτή και ο σχεδιασμός στην ουσία περιγράφεται παρακάτω.

Ο Πίνακας 4.1, ο οποίος είναι τμήμα του Πίνακα 6 του προτύπου ISO 2859-1, συνοψίζει όλες τις τιμές του AQL εκφράζοντας αυτές με τη βοήθεια μιας μεταβλητής, της n , που είναι το μέγεθος του δείγματος για την μονή δειγματοληψία. Επιλέγοντας μία τιμή για το μέγεθος του δείγματος, ο πίνακας παρέχει μία σειρά από δειγματοληπτικά σχέδια για διάφορες τιμές AQL και ορίων αποδοχής και αριθμού απόρριψης.

Για να επεκτείνουμε τον πίνακα II-A του προτύπου ANSI/ASQC Z1.4-1981, θα λειτουργήσουμε αντίστροφα. Θα χρησιμοποιούμε ως δεδομένα τους αριθμούς αποδοχής και απόρριψης καθώς και τις σχέσεις του πίνακα 4.1 και θα υπολογίζουμε για κάθε τιμή του AQL που μας ενδιαφέρει το αντίστοιχο μέγεθος δείγματος. Η διαδικασία αυτή φαίνεται καλύτερα με τη χρήση του παρακάτω παραδείγματος.

Πίνακας 4.1. Περίληψη των δειγματοληπτικών σχεδίων μονής δειγματοληψίας με κανονική επιθεώρηση

Είδος Δείγματο ληπτικού σχεδίου	Μέγεθος Δείγματο	ACCEPTABLE QUALITY LEVEL (Κανονική Επιθεώρηση)																							
		12.5/n		50/n		80/n		125/n		200/n		315/n		-		500/n		-		800/n		-		1250/n	
Μονή	n	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
		0	1	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	18	19	21	22

Πηγή: ISO 2859-1, table 6, p.37

Έστω ότι θέλουμε να διεξάγουμε κανονικό δειγματοληπτικό έλεγχο με AQL 2% και επιθυμούμε να γνωρίζουμε τα μονά δειγματοληπτικά σχέδια που αντιστοιχούν στην τιμή αυτή, το μέγεθος του δείγματος δηλαδή και το όριο αποδοχής και τον αριθμό απόρριψης. Εξετάζουμε πρώτα τη στήλη με όριο αποδοχής μηδέν και βλέπουμε ότι η τιμή του AQL είναι $12.5/n$.

Θέτοντας την παράσταση αυτή ίση με την τιμή 2, που είναι το επιθυμητό AQL, προκύπτει ότι το μέγεθος του δείγματος είναι $n=6.25$, το οποίο στρογγυλοποιείται στην τιμή $n=6$ που είναι και ο πλησιέστερος ακέραιος.

Ομοίως από τη στήλη με όριο αποδοχής ένα, η παράσταση του AQL είναι $50/n$ η οποία αν τεθεί ίση με 2, θα δώσει $n=25$. Ομοίως προκύπτουν και τα μεγέθη του δείγματος για τις υπόλοιπες στήλες του ορίου αποδοχής όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.2

Πίνακας 4.2 Μεγέθη δείγματος για κάθε όριο αποδοχής και AQL=2%

Μέγεθος Δείγματος	Όριο Αποδοχής (Ac)	Αριθμός Απόρριψης (Re)
6	0	1
25	1	2
40	2	3
63	3	4
100	5	6
158	7	8
250	10	11
400	14	15
625	21	22

Με τον τρόπο αυτό προκύπτουν εννέα μονά δειγματοληπτικά σχέδια κανονικής επιθεώρησης για κάθε τιμή του AQL. Οι τιμές που προκύπτουν για τα μεγέθη του δείγματος με την παραπάνω διαδικασία στρογγυλοποιούνται στον πλησιέστερο ακέραιο για αυτονόητους λόγους. Η στρογγυλοποίηση αυτή όμως δεν είναι η μόνη που περιλαμβάνεται στις τιμές των μεγεθών του δείγματος Πίνακα II-A του προτύπου ANSI/ASQC Z1.4-1981. Οι περισσότερες από τις τιμές αυτές στρογγυλοποιούνται σε “στρογγυλούς” αριθμούς (π.χ. 5, 10, 15 κ.λ.π.). Η τακτική αυτή θα διατηρηθεί και σε αυτή την εργασία αφού πρώτα παρουσιάσουμε τη μορφή Πίνακα II-A του προτύπου ANSI/ASQC Z1.4-1981, χωρίς αυτές τις στρογγυλοποιήσεις. Η μορφή αυτή φαίνεται στον Πίνακα 4.3.

Με τη διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω, υπολογίζονται τα δειγματοληπτικά σχέδια που αντιστοιχούν σε τιμές του AQL που δεν είναι διαθέσιμες στον Πίνακα II-A του προτύπου ANSI/ASQC Z1.4-1981. Οι τιμές αυτές επιλέχθηκαν δίνοντας έμφαση στις μικρές τιμές (κυρίως έως 20% και μεγαλύτερη έμφαση έως την τιμή 1%) όπου και χρησιμοποιούνται μικρά διαστήματα μεταξύ των τιμών. Τα δειγματοληπτικά αυτά σχέδια παρουσιάζονται σε μορφή πίνακα στο παράρτημα Α.

Αν παρατηρήσει κανείς προσεκτικά τον Πίνακα II-A του προτύπου ANSI/ASQC Z1.4-1981, θα δει ότι για τιμές του AQL μεγαλύτερες από την τιμή 100, εκτός από τα ζεύγη των αριθμών αποδοχής και απόρριψης που παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2, εμφανίζονται και τα ζεύγη: (Ac,

$Re) = (30, 31)$ και $(44, 45)$. Ο Πίνακας 4.1 δε συνδέει τα ζεύγη αυτά με κάποιες παραστάσεις αλλά ακολουθώντας την αντίστροφη πορεία από αυτή που ακολουθήθηκε στο παραπάνω παράδειγμα μπορεί εύκολα να βρεθεί ότι οι εκφράσεις αυτές είναι: $2000/n$ και $3250/n$ αντίστοιχα. Σε κάθε περίπτωση, οι σχέσεις αυτές θα χρησιμοποιηθούν μόνο για τα δειγματοληπτικά σχέδια που θα σχεδιαστούν με AQL μεγαλύτερο του 100, όπως ακριβώς γίνεται και στον αρχικό πίνακα του προτύπου.

Η απάντηση στο ερώτημα αν χρειάζεται μια τέτοια επέκταση και αν είναι απαραίτητοι τόσο πολλοί πίνακες με τόσες πολλές τιμές, δίνεται από την ίδια την πραγματικότητα στις βιομηχανικές εφαρμογές. Στη βιομηχανία, τα AQL μεταβάλλονται, όπως μεταβάλλονται και τα ρίσκα των εσφαλμένων αποφάσεων. Για κάθε συνδυασμό AQL και ρίσκου απαιτείται ένα διαφορετικό σχέδιο και άρα μια τέτοια επέκταση κρίνεται σκόπιμη (Grant και Leavenworth, 1988).

Πίνακας 4.3. Πίνακας II-A του προτύπου ANSI/ASQC Z1.4-1981 χωρίς στρωγγυλοποίηση των μεγεθών του δείγματος

Μέγεθος Δείγματος	ACCEPTABLE QUALITY LEVELS (Κανονική επιθεώρηση)																									
	0.01	0.015	0.025	0.04	0.065	0.1	0.15	0.25	0.4	0.65	1	1.5	2.5	4	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000
	A R	A R	A R	A R	A R	A R	A R	A R	A R	A R	A R	A R	A R	A R	A R	A R	A R	A R	A R	A R	A R	A R	A R	A R	A R	A R
2															0 1			1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	31 32
3														0 1			1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	31 32	44 45
5													0 1			1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	31 32	44 45	
8												0 1			1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	31 32	44 45		
12																										
13											0 1			1 2		3 4	5 6	7 8	10 11			21 22	31 32	44 45		
19										0 1						3 4										
20														1 2	2 3		5 6		10 11	14 15						
21																		7 8								
31									0 1					3 4	5 6				21 22							
32													2 3			7 8		14 15								
33												1 2					10 11									
48																7 8										
50							0 1				1 2		3 4	5 6		10 11		21 22								
53												2 3					14 15									
77										1 2					10 11											
79														7 8												
80											2 3		5 6			14 15										
83						0 1						3 4					21 22									
123										2 3					14 15											
125						0 1			1 2		3 4			10 11		21 22										
126													7 8													
133													5 6													
192					0 1						3 4				21 22											
200							1 2	2 3			5 6		10 11	14 15												
210												7 8														
308										5 6																
313				0 1					3 4						21 22											
315											7 8															
320							2 3						14 15													
333						1 2						10 11														
485										7 8																
500			0 1			1 2		3 4	5 6		10 11			21 22												
533						2 3						14 15														
769				1 2							10 11															
788									7 8																	
800						2 3		5 6			14 15															
833		0 1					3 4					21 22														
1231				2 3						14 15																
1250	0 1			1 2		3 4				10 11		21 22														

4.4 Βιβλιογραφία κεφαλαίου 4

- Aminzadech, M., “Inverse Gaussian acceptance sampling plans by variables”, Communication Statistics-Theory & Methodology, Vol. 25, no. 5, 1996, pp.923-935.
- Bravo, P. C., Wetherill, G. B., “ The Matching of Sampling Plans and The Design of Double Sampling Plans”, Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General), Vol. 143, Issue 3, 1980, pp. 49-67
- British Standard, 1995, Sampling procedures for inspection by attributes. Part 0. Introduction to the BS 6001 attribute sampling system, pp.27, 35, 37, 53.
- Grant, E. L. & Leavenworth, R. S., 1988, Statistical quality control (sixth edition), Mc Graw-Hill, pp. 426, 450-452, 481.
- Sylla, C., Drury, C. G., “ Signal detection for human error correction in quality control”, Computers In Industry Vol. 26, 1995, pp. 147-159.
- Tippett, L. H. C., “ A Guide to Acceptance Sampling”, Applied Statistics, Vol. 7, Issue 3, Nov. 1958, pp. 133-148.
- Weber, R. T., 1991, An easy approach to acceptance sampling. How to use MIL-STD-105E, ASQC Quality Press, Milwaukee, Wisconsin, pp. 9, 43.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συμπεράσματα και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Ολοκληρώνοντας της εργασία αυτή, θα λέγαμε πως αποτελεί μια σημαντική προσπάθεια παρουσίασης των θεμάτων με τα οποία καταπιάνεται. Συγκεκριμένα οι περιοχές ενδιαφέροντος της εργασίας είναι η ανάλυση ευαισθησίας του μονού και διπλού δειγματοληπτικού σχεδίου, η επέκταση των πινάκων του Πίνακα II-A των μονών δειγματοληπτικών σχεδίων με κανονική επιθεώρηση του προτύπου ANSI/ASQC Z1.4-1981 συνοδευόμενα από μια εκτενή επισκόπηση της βιβλιογραφίας. Επίσης παρουσιάζονται οι εισαγωγικές έννοιες της θεωρίας της δειγματοληψίας αποδοχής καθώς και η θέση που κατέχει η μέθοδος στη σημερινή εποχή.

Η επισκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας κινείται γύρω από πέντε βασικές περιοχές. Πρώτα από όλα γίνεται μια ενδελεχή παρουσίαση βιβλιογραφικών αναφορών που αφορούν δειγματοληψία χρησιμοποιώντας διαφορετικά είδη κατανομών για να προσεγγιστεί η πιθανότητα εμφάνισης ελαττωματικών μονάδων στην παρτίδα ή στο δείγμα. Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται σχεδόν όλες οι γνωστές και συνήθως χρησιμοποιούμενες κατανομές.

Στη συνέχεια, εξετάζονται οι αναφορές που έχουν γίνει διεθνώς στην ανάπτυξη και χρησιμοποίηση σχεδίων που διαφέρουν από τα κλασσικά μονά και διπλά. Από την περιοχή αυτή προκύπτει ότι η φαντασία των συγγραφέων είναι σχεδόν ανεξάντλητη στο να εφευρίσκουν διαφορετικά σχέδια, ή στο να χειρίζονται διαφορετικά την παρτίδα και το δείγμα.

Ακολουθεί η επισκόπηση εργασιών που περιγράφουν την ανάπτυξη ειδικού λογισμικού για τη δειγματοληψία αποδοχής. Το λογισμικό αυτό συνήθως χρησιμοποιεί μονά ή διπλά δειγματοληπτικά σχέδια και τις συνηθέστερες των κατανομών. Σημειώνουμε πως η βιβλιογραφική αναφορά σε καμία περίπτωση δεν είχε σκοπό να παρουσιάσει και να διαφημίσει τα πολυάριθμα εμπορικά πακέτα που κυκλοφορούν στην αγορά και απευθύνονται σε μηχανικούς, στατιστικούς και managers. Για το σκοπό αυτό,

η σχετική ενότητα περιορίζεται σε δημοσιευμένες εργασίες σχετικές με το θέμα και όχι στις αμέτρητες σελίδες στο διαδίκτυο που εμφανίζουν τέτοια προγράμματα. Σε κάθε περίπτωση πάντως τα εμπορικά πακέτα που κυκλοφορούν έχουν φτάσει σε πολύ υψηλό τεχνολογικά στάδιο ώστε να προσφέρουν από πολύ απλά και πολύ σύνθετα δειγματοληπτικά σχέδια έως και παρουσίαση αποτελεσμάτων σε πραγματικό χρόνο.

Η επόμενη ενότητα έχει να κάνει με τη σχέση που συνδέει τη δειγματοληψία αποδοχής και το στατιστικό έλεγχο διεργασιών. Κατά καιρούς έχει γραφεί ότι η πρώτη μέθοδος θα πρέπει να δώσει τη θέση της στη δεύτερη. Αυτό που προκύπτει ως συμπέρασμα από μια αντικειμενική μελέτη της βιβλιογραφίας, είναι πως η δειγματοληψία αποδοχής είναι πολύ ακριβής μέθοδος για να σταθεί από μόνη της. Αυτό δε σημαίνει όμως την πλήρη εγκατάλειψη της μεθόδου. Σε συνδυασμό με το στατιστικό έλεγχο, θα αποτελούν τα εργαλεία αξιολόγησης των προμηθευτών έτσι όπως ορίζουν οι αντίστοιχες διαδικασίες της διασφάλισης ποιότητας.

Η τελευταία περιοχή της βιβλιογραφίας αφορά την παρούσα θέση της δειγματοληψίας αποδοχής. Αυτό που προκύπτει είναι πως σήμερα η δειγματοληψία δε θα πρέπει να θεωρείται απλά ως εργαλείο ελέγχου των εισερχομένων ή των ετοιμών προϊόντων, αλλά οφείλει να εξελιχθεί και μία εξέλιξη της είναι και η χρησιμοποίηση της ως εναλλακτικής μεθόδου αύξησης της αξιοπιστίας ενός προϊόντος.

Στο τρίτο κεφάλαιο της εργασίας, επιχειρείται μια λεπτομερής ανάλυση ευαισθησίας του μονού και διπλού δειγματοληπτικού σχεδίου. Σε σχέση με άλλες εργασίες, είναι από τις λίγες φορές που εξετάζονται και αναλύονται τόσα πολλά εναλλακτικά σενάρια. Τα σενάρια περιλαμβάνουν περιπτώσεις μεταβολής του μεγέθους του δείγματος, του ορίου αποδεκτών, του ορίου απόρριψης και των λόγων των μεγεθών αυτών. Μια ακόμα πρωτοτυπία είναι ότι τα αποτελέσματα δεν αφορούν μόνο τις χαρακτηριστικές καμπύλες αλλά και τις καμπύλες του μέσου μεγέθους του δείγματος. Αυτό που θα μπορούσε να γίνει επιπλέον σε μια μελλοντική εργασία θα ήταν η χρησιμοποίηση διαφορετικών κατανομών και η μεταβολή του μεγέθους της παρτίδας.

Τέλος, το τελευταίο κομμάτι της εργασίας περιλαμβάνει τον εμπλουτισμό του Πίνακα II-A των μονών δειγματοληπτικών σχεδίων με κανονική επιθεώρηση του προτύπου ANSI/ASQC Z1.4-1981. Το πρότυπο αυτό περιορίζεται μόνο σε 26 τιμές του AQL, μειώνοντας έτσι κατά πολύ τις δυνατότητες των χρηστών του σχεδίου. Με την εργασία αυτή προστίθενται παραπάνω από 100 νέες τιμές, μειώνοντας το διάστημα μεταξύ διαδοχικών AQL και δίνοντας περισσότερες εναλλακτικές ευκαιρίες στο χρήστη για την επιλογή του. Η χρησιμότητα της προσπάθειας αυτής είναι προφανής καθώς κάτι τέτοιο δεν φαίνεται να έχει επιχειρηθεί στο παρελθόν, αλλά και γιατί θα είναι ένα χρήσιμο εργαλείο στα χέρια όλων αυτών που ήταν αναγκασμένοι να συμβιβαστούν με κάποια από τις δεδομένες αρχικά τιμές του AQL για να αναπτύξουν το σχέδιο. Ως πρόταση για μελλοντική μελέτη αφήνεται η αντίστοιχη επέκταση στην περίπτωση της μειωμένης και αυστηρής επιθεώρησης καθώς και η περίπτωση των διπλών δειγματοληπτικών σχεδίων.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Albin, S. & Friedman, D., “The impact of clustered defect distributions in IC fabrication”, Management Science, Vol. 35, no. 9, 1989, pp. 1066-1078.
- Aminzadech, M., “Inverse Gaussian acceptance sampling plans by variables”, Communication Statistics-Theory and Methodology, Vol. 25, no. 5, 1996, pp. 923-935.
- Bandi, M. & Donaghey, C. E., “RELPAK: A reliability & quality control software package”, Computers & Industrial Engineering, Vol. 29, no. 1-4, 1995, pp. 1-5.
- Beattie, D. W., “A continuous acceptance sampling procedure based upon a cumulative sum chart for the number of defectives”, Applied Statistics, Vol. 11, no. 3, 1962, pp. 137-147.
- Berger, R., “Multiparameter hypothesis testing and acceptance sampling”, Technometrics, Vol. 24, no. 4, 1982, pp. 295-300.
- Bounds, G., Yorks L., Adams, M., Ranney G., 1999, Total quality management toward the emerging paradigm., Mc Graw-Hill International editions, Singapore, pp. 52-53.
- Bravo, P. C. & Wetherill, G. B., “The matching of sampling plans and the design of double sampling plans”, Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General), Vol. 143, no. 3, 1980, pp. 49-67.
- British Standard, 1995, Sampling procedures for inspection by attributes. Part 0. Introduction to the BS 6001 attribute sampling system, pp.27, 35, 37, 53.
- Brooks, G. H., “Acceptance sampling design by computer-optimality concerns”, Computers & Industrial Engineering, Vol. 17, no. 1-4, 1993, pp. 508-513.
- Chang, L. M. & Hsie, M., “Developing acceptance sampling methods for quality construction”, Journal of Construction Engineering and Management, June 1995.
- Charbonneau, H. H. & Webster G. L., (1978). Industrial quality control. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, pp. 142–146.
- Chun, Y. H. & Rinks, D. B., “Three types of producer’s and consumer’s risks in the single sampling plan”, Journal of Quality Technology, Vol. 30, no. 3, 1998, pp. 254-268.

- Chung, R. C. W. & Chen, H. N. T., “The Dodge-Romig double sampling plans based on fuzzy optimization”, International Journal of Quality Science, Vol. 2, no. 1, 1997, pp. 52-62.
- Dobler, D. W., Burt D. N., Lamar L. Jr., 1995, Purchasing and material management, 5th edition., Mc Graw-Hill International editions, U.S.A., pp.399-405.
- Dodge,H.F., & H.G.Romig, 1959, Sampling Inspection Tables, 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Dresher, M. & Moglewer, S., “Statistical acceptance sampling in a competitive environment”, Operations Research, Vol. 28, no.3, Part I, 1980, pp. 503-511.
- Dunsmore, I. R. & Wright, D. E., “A decisive approach to the construction of sequential acceptance sampling plans for lifetimes”, Applied Statistics, Vol. 34, no. 1, 1985, pp. 1-13.
- Edgeman, R. L., Collins, F. & Lin, D. K. J., “Sequential analysis of an accelerated life model”, International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 14, no. 6, 1997, pp.598-625.
- Elder, R. & Muse, H., “An approximate method for evaluating mixed sampling plans”, Technometrics, Vol. 24, no. 3, 1982, pp. 207-211.
- Enrick, N. L., (1985). Quality, reliability and process improvement (8th edition). Industrial Press, Inc., New York, pp. 35.
- Evans, J. R. & Lindsay, W. M., 1999, The management and control of quality, 4th edition., South Western College Publishing, U.S.A., pp. 567-568.
- Fard, N. S., & Kim, J. J., “Analysis at two stage sampling plan with imperfect inspection”, Computers & Industrial Engineering, Vol. 25, no. 1-4, 1993, pp. 453-456.
- Feigenbaum, A. V., (1991). Total quality control (3rd edition revised). Mc Graw-Hill, Inc., New York, pp. 480–481.
- Feigenbaum, A. V., 1951, Quality control, principles, practice and administration., Industrial Organization and Management Series, Mc Graw-Hill Book Company, Inc., U.S.A., pp. 181-183.
- Gascoigne, J. C. & Hill, L. D., “The draft British standard 6002: sampling inspection by variables”, Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General), Vol. 139, no. 3, 1976, pp. 299-317.

- Govindaraju, K. & Gansalingam, S., “Sampling inspection for resubmitted lots”, Communication Statistics-Simulations, Vol. 26, no.3, 1997, pp. 1163-1176.
- Govindaraju, K., “Conditional single sampling procedure”, Communication Statistics-Theory and Methodology, Vol. 26, no.5, 1997, pp. 1215-1225.
- Grant, E. L. & Leavenworth, R. S., (1988). Statistical quality control (6th edition). Mc Graw-Hill, Inc., New York, pp. 6–7.
- Graves, S. B. & Ringuest, J. L., “Producer’s and consumer’s risk when proportion defective is a random variable”, Decision Sciences, Vol. 22, 1991.
- Graves, S. B., Murphy, D. C. & Ringuest, J. L., “Acceptance sampling versus redundancy as alternative means to achieving goals for system reliability”, International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 16, no. 4, 1999, pp.362-370.
- Graves, S. B., Murphy, D. C. & Ringuest, J. L., “Acceptance sampling and reliability: the tradeoff between component quality and redundancy”, Computers & Industrial Engineering, Vol. 38, 2000, pp. 79-91.
- Graves, S. B., Murphy, D. C. & Ringuest, J. L., “Reevaluating producer’s and consumer’s risk in acceptance sampling”, Computers & Industrial Engineering, Vol. 30, no. 2, 1996, pp. 171-184.
- Gupta, S. S. & Groll, P. A., “Gamma distribution in acceptance sampling based on life tests”, Journal of the American Statistical Association, Vol. 56, no. 296, December 1961.
- Hanna, M. D. & Jobe, J.M., “Including quality costs in the lot-sizing decision”, International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 13, no. 6, 1996, pp.8-17.
- Hunter, J. S., “Metrics for uncertainty. A look at probability, evidence and a seldom used additive metric”, Quality Progress, December 2000.
- Juran, J. M. & Gryna, F. M. Jr., (1973). Quality planning and analysis. Mc Graw-Hill, Inc., New York, pp. 342–345.
- Juran, J. M., Gryna F. M. Jr. & Bingham, R. S. Jr., (1974). Quality control handbook (3rd edition). Mc Graw-Hill, Inc., U.S.A., pp. 24.10–24.16.

- Juran, J. M., Gryna, F. M. Jr., 1993, Quality planning and analysis., Tata Mc Graw-Hill Publishing Company LTD, New York, pp. 335-341.
- Juran, J. M., Gryna, F. M., 1993, Quality planning and analysis, 3rd edition., Mc Graw-Hill International editions, U.S.A., pp. 456-459.
- Kim, S. H. & Yum, B. J., “Comparisons of exponential life test plans with intermittent inspections”, Journal of Quality Technology, Vol. 32, no. 3, 2000.
- Klufa, J., “Acceptance sampling by variables when the remainder of rejected lots is inspected”, Statistical Papers, Vol. 35, 1994, pp. 337-349.
- Lindley, D. V. & Singpurwalla, N. D., “On the evidence needed to reach agreed action between adversaries, with application to acceptance sampling”, Journal of the American Statistical Association, Vol. 86, no. 416, 1991, pp. 933-937.
- Montgomery D. C., (1997). Introduction to statistical quality control (3rd edition). John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., pp. 616–630.
- Montgomery, D. C., 1997, Introduction to statistical quality control, 3rd edition., John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., pp.607-613.
- Newcombe, P. A., & Allen, O. B., “A three-class procedure for acceptance sampling by variables”, Technometrics, Vol. 30, no.4, 1988.
- Ott, E. R., 1975, Process quality control., Mc Graw-Hill Kogakusha, LTD, Tokyo, pp.182-183.
- Payton, M. E. & Young, L. J., “A sequential procedure to test three values of a binomial parameter”, Metrika, Vol. 46, 1999, pp. 41-52.
- Pooler, V. H. & Pooler, D. J., 1997, Purchasing and supply management, creating the vision., Chapman & Hall, U.S.A., pp. 155-159.
- Pulak, M. & Sultan, K., “The optimum targeting for a single filling operation with rectifying inspection”, Omega International Journal of Management Science, Vol. 24, no.6, 1996, pp. 727-733.
- Ravindran, A., Shin, W. S., Arthur, J. L. & Moskowitz, H., “Nonlinear integer goal programming models for acceptance sampling”,

Computers and Operations Research, Vol. 13, no. 5, 1997, pp. 611-622.

- Read, D. R. & Beattie, D. W., “The variable lot-size acceptance sampling plan for continuous production”, Applied Statistics, Vol. 10, no. 3, 1961, pp. 147-156.
- Sahli, A., Trecourt, P. & Robin, S., “One sided acceptance sampling by variables-the case of the Laplace distribution”, Communication Statistics-Theory and Methodology, Vol. 26, no.11, 1997, pp. 2817-2834.
- Scheider, H., “Failure—censored variables sampling plans for lognormal and Weibull distributions”, Technometrics, Vol. 31, no. 9, 1989, pp. 199-206.
- Seidel, W., “A possible way out of the pitfall of acceptance sampling by variables: treating variances as unknown”, Computational Statistics & Data Analysis, Vol. 25, 1997, pp. 207-216.
- Shakun, M. F., “Multivariate acceptance sampling procedures for general specification ellipsoids”, Journal of the American Statistical Association, Vol. 60, no. 311, September 1965.
- Shirland, L. E., (1998). Statistical quality control with microcomputer applications. John Wiley & Sons, Inc., New York, pp.
- Sohn, S. Y. & Jang, J. S., “Acceptance sampling based on reliability degradation data”, Reliability Engineering and System Safety, Vol. 743, 2001, pp. 67-72.
- Solomon, H. & Zacks, S., “Optimal design of sampling from finite populations: a critical review and indication of new research areas”, Journal of the American Statistical Association, Vol. 65, no. 330, 1970, pp. 653-677.
- Sower, V. E., Savoie M. J., Renick, S., 1999, An introduction to quality management and engineering., Prentice-Hall, Inc., U.S.A., pp. 78-83.
- Sower, V. E., Savoie, M. J. & Motwani J., “Are acceptance sampling and SPC complementary or incompatible?”, Quality Progress, September 1993, pp. 85-89.

- Speevak, T. & Yo, A. K., “Multiple attributes sampling acceptance plans involving destructive testing”, Technometrics, Vol. 29, no. 1, 1987, pp. 103-107.
- Stuart, M., Mullins, E. & Drew, E., “Statistical quality control and improvement”, European Journal of Operational Research, Vol. 88, 1996, pp.203-214.
- Suresh, R. & Ramanathan, T., “Acceptance sampling plans by variables for a case of symmetric distributions”, Communication Statistics-Simulation, Vol. 26, no. 4, 1997, pp. 1379-1391.
- Sylla, C., Drury, C. G., “ Signal detection for human error correction in quality control”, Computers In Industry Vol. 26, 1995, pp. 147-159.
- Tippett, L. H. C., “A guide to acceptance sampling”, Applied Statistics, Vol. 7, no.3, 1958, pp. 133-148.
- Vaughan, T. S., “The applicability of acceptance sampling with respect to process stability and control”, Naval Research Logistics, Vol. 41, 1994, pp. 635-651.
- Wall, M. S. & Elshenway, A. K., “Economically based acceptance sampling plans”, Computers & Industrial Engineering, Vol. 17, no. 1-4, 1989, pp. 340-346.
- Weber, R. T., 1991, An easy approach to acceptance sampling. How to use MIL-STD-105E, ASQC Quality Press, Milwaukee, Wisconsin, pp. 9, 43.
- Wetherill, G. B., 1977 Sampling inspection and quality control 2nd edition., Chapman and Hall, London, pp. 19-23.
- Wetherill, G. B., Chiu, W. K., “A review of acceptance sampling schemes with emphasis on the economic aspect”, International Statistics Review, Vol. 43, no. 2, 1975, pp. 191-210.
- Δαμιανός, Χ., 1996, Στατιστικός έλεγχος ποιότητας και αξιοπιστία., Αθήνα., pp.44-66.
- Δαμιανός, Χ., 1992, Μεθοδολογία δειγματοληψίας (τεχνικές και εφαρμογές) 2^η έκδοση., Εκδόσεις Αίθρα, Αθήνα., pp.119-120.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Δειγματοληπτικά σχέδια μονής δειγματοληψίας με κανονική επιθεώρηση σύμφωνα με την επέκταση του Πίνακα II-A του προτύπου ANSI/ASQC Z1.4-1981

Πίνακας Α.1. Δειγματοληπτικά σχέδια με $0.010 \leq AQL \leq 0.050$

Sample size	AQLs																		
	0.010		0.015		0.020		0.025		0.030		0.035		0.040		0.045		0.050		
	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	
250																	0	1	
280																0	1		
315														0	1				
360											0	1							
415										0	1								
500						0	1												
625																			
830			0	1															
1000																		1	2
1100																1	2		
1250	0	1												1	2				
1450											1	2							
1600																		2	3
1650										1	2								
1800																2	3		
2000							1	2											
2300											2	3							
2500						1	2											3	4
2650										2	3								
2800																3	4		
3100																			
3200							2	3											
3350			1	2															
3550											3	4							
4000						2	3											5	6
4150											3	4							
4450																5	6		
5000	1	2					3	4						5	6				
5350			2	3															
5700											5	6							
6250						3	4												
6300																		7	8
6650										5	6								
7000																7	8		
7900																			
8000	2	3					5	6											
8350			3	4															
9000											7	8							
10000						5	6											10	11
10500											7	8							
11100																		10	11
12500	3	4																	
12600							7	8											
Sample size	AQLs(continued)																		
	0.010		0.015		0.020		0.025		0.030		0.035		0.040		0.045		0.050		
	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	
13350			5	6															
14300											10	11							

15750			7 8						
16000									14 15
16650					10 11				
17800								14 15	
20000	5 6			10 11			14 15		
21000		7 8							
22850						14 15			
25000			10 11						21 22
26650					14 15				
27800								21 22	
31250							21 22		
31500	7 8								
32000				14 15					
33350		10 11							
35700						21 22			
40000			14 15						
41650					21 22				
50000	10 11			21 22					
53350		14 15							
62500			21 22						
80000	14 15								
83350		21 22							
125000	21 22								

Πίνακας Α.2. Δειγματοληπτικά σχέδια με $0.055 \leq AQL \leq 0.095$

Sample size	AQLs																		
	0.055		0.060		0.065		0.070		0.075		0.080		0.085		0.090		0.095		
	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	
130																			0 1
140																0 1			
145													0 1						
155										0 1									
165									0 1										
180						0 1													
190				0 1															
210		0 1																	

225	0 1								
525									1 2
555								1 2	
590							1 2		
625						1 2			
665					1 2				
715				1 2					
770			1 2						
835		1 2							
840									2 3
890								2 3	
910	1 2								
940							2 3		
1000						2 3			
1050					2 3				
1150				2 3					
1250			2 3						
1300									3 4
1350		2 3							
1400								3 4	
1450	2 3						3 4		
1550						3 4			
1650					3 4				
1800				3 4					
1950			3 4						
2100		3 4							5 6
2200								5 6	
2300	3 4								
2350							5 6		
2500						5 6			
2650					5 6				
2850				5 6					
3100			5 6						
3300									7 8
3350		5 6							
3500								7 8	
3650	5 6								
3700							7 8		
3950						7 8			
4200					7 8				
Sample size	AQLs(continued)								
	0.055	0.060	0.065	0.070	0.075	0.080	0.085	0.090	0.095
	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
4500				7 8					
4850			7 8						
5250		7 8							
5250									10 11
5550								10 11	
5700	7 8								
5900							10 11		
6250						10 11			
6650					10 11				
7150				10 11					
7700			10 11						
8350		10 11							
8400									14 15
8900								14 15	
9100	10 11								
9400							14 15		
10000						14 15			
10650					14 15				
11450				14 15					

12300			14 15						
13150									21 22
13350		14 15							
13900								21 22	
14550	14 15								
14700						21 22			
15650							21 22		
16650					21 22				
17850				21 22					
19250			21 22						
20850		21 22							
22750	21 22								

Πίνακας Α.3. Δειγματοληπτικά σχέδια με $0.10 \leq AQL \leq 0.50$

Sample size	AQLs																		
	0.10		0.15		0.20		0.25		0.30		0.35		0.40		0.45		0.50		
	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	
25																		0	1
30													0	1	0	1			
35																			
40										0	1								
50						0	1												
65				0	1														
85			0	1															
100																		1	2
110																1	2		
125	0	1											1	2					
145												1	2						
160																		2	3
165									1	2									
180																2	3		
200						1	2						2	3					
230												2	3						
250					1	2												3	4
265										2	3								
280																3	4		
315													3	4					
320																			
335			1	2															
355													3	4					
400					2	3												5	6
415										3	4								

445								5 6	
500	1 2			3 4			5 6		
535		2 3							
570						5 6			
625			3 4						
630									7 8
665					5 6			7 8	
700									
800	2 3			5 6			7 8		
835		3 4							
900						7 8			
1000			5 6						10 11
1050					7 8				
1100								10 11	
1250	3 4			7 8			10 11		
1350		5 6							
1450						10 11			
1600			7 8						14 15
1650					10 11				
1800								14 15	
2000	5 6			10 11			14 15		
2100		7 8							
2300						14 15			
2500			10 11						21 22
2650					14 15				
Sample size	AQLs (continued)								
	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
2800								21 22	
3100							21 22		
3150	7 8								
3200				14 15					
3350		10 11							
3550						21 22			
4000			14 15						
4150					21 22				
5000	10 11			21 22					
5350		14 15							
6250			21 22						
8000	10 11								
8350		21 22							
12500	21 22								

Πίνακας Α.4. Δειγματοληπτικά σχέδια με $0.55 \leq AQL \leq 0.95$

Sample size	AQLs								
	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95
	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
15					0 1	0 1	0 1	0 1	0 1
20		0 1	0 1	0 1					
25	0 1								
55								1 2	1 2
60							1 2		
65					1 2	1 2			
70				1 2					
75			1 2						
85		1 2							2 3

90	1 2							2 3	
95							2 3		
100						2 3			
105					2 3				
115			2 3						
125									
130									3 4
135		2 3							
140								3 4	
145	2 3						3 4		
155						3 4			
165					3 4				
180				3 4					
190			3 4						
210		3 4							5 6
220								5 6	
225	3 4								
235							5 6		
AQLs (continued)									
Sample size	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95
	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
250						5 6			
265					5 6				
285				5 6					
310			5 6						
330									7 8
335		5 6							
350								7 8	
365	5 6								
370							7 8		
395						7 8			
420					7 8				
450				7 8					
485			7 8						
525		7 8							10 11
555								10 11	
575	7 8								
590							10 11		
625						10 11			
665					10 11				
715				10 11					
770			10 11						
835		10 11							
840									14 15
890								14 15	
910	10 11								
940							14 15		
1000						14 15			
1050					14 15				
1150				14 15					
1250			14 15						
1300									21 22
1350		14 15							
1400								21 22	
1450	14 15								
1500							21 22		
1550						21 22			
1650					21 22				
1800				21 22					
1900			21 22						
2100		21 22							
2250	21 22								

Πίνακας Α.5. Δειγματοληπτικά σχέδια με $1.0 \leq AQL \leq 1.80$

Sample size	AQLs																		
	1.0		1.10		1.20		1.30		1.40		1.50		1.60		1.70		1.80		
	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	
5														0	1	0	1		
10			0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1					
15	0	1																	
30													1	2	1	2	1	2	
35								1	2	1	2								
40					1	2	1	2											
45			1	2										2	3	2	3		
50	1	2											2	3					
55								2	3	2	3								
60							2	3											
65					2	3													
70																	3	4	
75			2	3										3	4				
80	2	3											3	4					
85									3	4									
90								3	4										
95							3	4											
105					3	4													
110																	5	6	
115			3	4															
120														5	6				
125	3	4											5	6					
135									5	6									
145								5	6										
155							5	6											
165					5	6													
175																	7	8	
180			5	6															
185														7	8				
195													7	8					
200	5	6																	
210										7	8								
225									7	8									
240							7	8											
265					7	8													
280																		10	11
285			7	8															
295														10	11				
315	7	8											10	11					
335										10	11								
355									10	11									
385							10	11											
415					10	11													
445																		14	15

455		10 11																
470								14 15										
500	10 11						14 15											
535						14 15												
AQLs (continued)																		
Sample size	1.0		1.10		1.20		1.30		1.40		1.50		1.60		1.70		1.80	
	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
570								14 15										
615							14 15											
665					14 15													
695																	21 22	
725			14 15															
735																21 22		
780													21 22					
800	14 15																	
835										21 22								
895									21 22									
960																		
1050					21 22													
1150			21 22															
1250	21 22																	

Πίνακας Α.6. Δειγματοληπτικά σχέδια με $1.9 \leq AQL \leq 2.70$

Sample size	AQLs																				
	1.90		2.00		2.10		2.20		2.30		2.40		2.50		2.60		2.70				
	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re			
5	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1			
20								1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
25	1	2	1	2	1	2	1	2													
30												2	3	2	3	2	3	2	3		
35							2	3	2	3	2	3									
40	2	3	2	3	2	3															
45																			3	4	
50										3	4	3	4	3	4	3	4				
55							3	4	3	4											
60					3	4															
65	3	4	3	4																	
75																5	6	5	6		
80												5	6								
85									5	6	5	6									
90								5	6												
95																					
100			5	6																	
105	5	6																			
115																			7	8	
120																7	8				
125																					
130																					
135																					
145																					
150																					
160			7	8																	
165	7	8																			
185																				10	11
190																					
200																					

Sample size	AQLs (continued)																		
	1.90		2.00		2.10		2.20		2.30		2.40		2.50		2.60		2.70		
	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	
210										10	11								
215									10	11									
225							10	11											
240					10	11													
250			10	11															
265	10	11																	
295																		14	15
310															14	15			
320												14	15						
335											14	15							
350									14	15									
365							14	15											
380					14	15													
400			14	15															
420	14	15																	
465																		21	22
480															21	22			
500																			
520											21	22							
545									21	22									
570							21	22											
595					21	22													
625			21	22															
660	21	22																	

Πίνακας Α.7. Δειγματοληπτικά σχέδια με $2.8 \leq AQL \leq 6$

Sample size	AQLs																		
	2.8		2.9		3.0		3.5		4.0		4.5		5.0		5.5		6.0		
	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	
2															0	1	0	1	
3									0	1	0	1	0	1					
5	0	1	0	1	0	1	0	1											
10											1	2	1	2	1	2	1	2	
15			1	2	1	2	1	2	1	2			2	3	2	3	2	3	
20	1	2							2	3	2	3					3	4	
25					2	3	2	3					3	4	3	4			
30	2	3	2	3					3	4	3	4							
35							3	4							5	6	5	6	
40					3	4							5	6					
45	3	4	3	4							5	6							
50									5	6									
55							5	6							7	8	7	8	
65					5	6							7	8					
70	5	6	5	6							7	8							
80									7	8									
85																		10	11
90							7	8							10	11			
100													10	11					
105					7	8													
Sample size	AQLs (continued)																		
	2.8		2.9		3.0		3.5		4.0		4.5		5.0		5.5		6.0		
	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	
110			7	8							10	11							

115	7 8								
125					10 11				
135									14 15
145				10 11			14 15		
160							14 15		
165			10 11						
170		10 11							
180	10 11					14 15			
200					14 15				
210									21 22
225								21 22	
230				14 15					
250							21 22		
265			14 15						
275		14 15							
280						21 22			
285	14 15								
315					21 22				
355					21 22				
415			21 22						
430		21 22							
445	21 22								

Πίνακας Α.8. Δειγματοληπτικά σχέδια με $6.5 \leq AQL \leq 10.5$

Sample size	AQLs																	
	6.5		7.0		7.5		8.0		8.5		9.0		9.5		10.0		10.5	
	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
2	0	1	0	1	0	1	0	1										
5			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
10	1	2	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	1	2	1	2	1	2
12	2	3																3 4
15									3	4	3	4	3	4	3	4		
17					3	4	3	4										
20	3	4	3	4									5	6	5	6	5	6
22											5	6						
25							5	6	5	6								
27					5	6												
30	5	6	5	6														7 8
32													7	8	7	8		
35											7	8						
37									7	8								
40							7	8										
42					7	8												
45			7	8														
47	7	8																10 11
50																10	11	
53											10	11						
Sample size	AQLs(continued)																	
	6.5		7.0		7.5		8.0		8.5		9.0		9.5		10.0		10.5	
	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
55										10	11							
60									10	11								
63							10	11										
67					10	11												
70			10	11														
75																		14 15
77	10	11																
80																14	15	
85												14	15					

90						14 15			
95					14 15				
100				14 15					
107			14 15						
115		14 15							
120									21 22
123	14 15								
125								21 22	
130							21 22		
140						21 22			
150					21 22				
155				21 22					
166			21 22						
180		21 22							
190	21 22								

Πίνακας Α.9. Δειγματοληπτικά σχέδια με $11.0 \leq AQL \leq 15.0$

Sample size	AQLs																		
	11.0		11.5		12.0		12.5		13.0		13.5		14.0		14.5		15.0		
	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	
3															1	2	1	2	
4			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2					
5	1	2															2	3	
6							2	3	2	3	2	3	2	3	2	3			
7	2	3	2	3	2	3													
8																		3	4
9											3	4	3	4	3	4			
10					3	4	3	4	3	4									
11	3	4	3	4															
13																		5	6
14													5	6	5	6			
15									5	6	5	6							
16							5	6											
17			5	6	5	6													
18	5	6																	
21																		7	8
22															7	8			
23											7	8	7	8					
24									7	8									
Sample size	AQLs(continued)																		
	11.0		11.5		12.0		12.5		13.0		13.5		14.0		14.5		15.0		
	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	
25							7	8											
26																			
27																			
29	7	8																	
33																		10	11
34																			
36																			
37											10	11							
38										10	11								
40																			
42																			
43																			
45	10	11																	
53																		14	15
55																			
57													14	15					

59						14 15			
62					14 15				
64				14 15					
67			14 15						
70		14 15							
73	14 15								
83									21 22
86								21 22	
89							21 22		
93							21 22		
96					21 22				
100				21 22					
104			21 22						
109		21 22							
114	21 22								

Πίνακας Α.10. Δειγματοληπτικά σχέδια με $15.5 \leq AQL \leq 19.5$

Sample size	AQLs																				
	15.5		16.0		16.5		17.0		17.5		18.0		18.5		19.0		19.5				
	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re			
3	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2			
4											2	3	2	3	2	3	2	3			
5	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3											
6																	3	4			
7					3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4					
8	3	4	3	4	3	4															
10																		5	6		
11									5	6	5	6	5	6	5	6					
12					5	6	5	6													
13	5	6	5	6																	
16																		7	8		
17												7	8	7	8						
Sample size	AQLs(continued)																				
	15.5		16.0		16.5		17.0		17.5		18.0		18.5		19.0		19.5				
	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re			
18								7	8	7	8										
19					7	8	7	8													
20	7	8	7	8																	
26														10	11	10	11				
27														10	11						
28											10	11									
29							10	11	10	11											
30					10	11															
31					10	11															
32	10	11																			
41																			14	15	
42																14	15				
43														14	15						
44											14	15									
46										14	15										
47																					
48										14	15										
50						14	15														
52	14	15																			
64																				21	22
66																21	22				
68														21	22						
69											21	22									
71										21	22										

74				21 22					
76			21 22						
78		21 22							
81	21 22								

Πίνακας A.11. Δειγματοληπτικά σχέδια με $20 \leq AQL \leq 60$

Sample size	AQLs																		
	20		25		30		35		40		45		50		55		60		
	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	
2			1	2	1	2	2	3	2	3	2	3	2	3	3	4	3	4	
3	1	2	2	3	2	3			3	4	3	4	3	4			5	6	
4	2	3			3	4	3	4			5	6	5	6	5	6			
5			3	4					5	6							7	8	
6	3	4					5	6					7	8	7	8			
7					5	6					7	8							
8			5	6					7	8							10	11	
9																10	11		
10	5	6											10	11					
11					7	8					10	11							
13			7	8					10	11								14	15
14								10	11										
15																14	15		
16	7	8											14	15					
17					10	11													
Sample size	AQLs (continued)																		
	20		25		30		35		40		45		50		55		60		
	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	
18										14	15								
20			10	11					14	15									
21																		21	22
23							14	15						21	22				
25	10	11											21	22					
27					14	15													
28										21	22								
31									21	22									
32			14	15															
36							21	22											
40	14	15																	
42					21	22													
50			21	22															
63	21	22																	

Πίνακας A.12. Δειγματοληπτικά σχέδια με $65 \leq AQL \leq 110$

Sample size	AQLs																	
	65		70		75		80		85		90		95		100		110	
	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
2	3	4	3	4	3	4	3	4	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6
3	5	6	5	6	5	6	5	6					7	8	7	8	7	8
4					7	8	7	8	7	8	7	8						
5	7	8	7	8									10	11	10	11	10	11
6							10	11	10	11	10	11						
7			10	11	10	11											14	15
8	10	11											14	15	14	15		
9									14	15	14	15						
10							14	15										

11		14 15	14 15						21 22
12	14 15								
13							21 22	21 22	
14						21 22			
15					21 22				
16				21 22					
17			21 22						
18		21 22							30 31
19	21 22								
30									44 45

Πίνακας A.13. Δειγματοληπτικά σχέδια με $120 \leq AQL \leq 200$

Sample size	AQLs																				
	120		130		140		150		160		170		180		190		200				
	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re			
2	5	6	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	
3	7	8					10	11	10	11	10	11	10	11	10	11	10	11	10	11	
4	10	11	10	11	10	11							14	15	14	15	14	15	14	15	
5							14	15	14	15											
6			14	15	14	15													21	22	
7	14	15									21	22	21	22	21	22	21	22			
8							21	22	21	22											
9					21	22															
10	21	22	21	22															30	31	
11													30	31	30	31					
12											30	31									
13							30	31	30	31											
14					30	31															
15			30	31																	
16																				44	45
17	30	31																			
18													44	45							
19																					
20																					
22									44	45											
23					44	45															
25			44	45																	
27	44	45																			

Πίνακας A.14. Δειγματοληπτικά σχέδια με $250 \leq AQL \leq 650$

Sample size	AQLs																			
	250		300		350		400		450		500		550		600		650			
	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re		
2	10	11	10	11	14	15	14	15	14	15	14	15	21	22	21	22	21	22	21	22
3	14	15	14	15			21	22	21	22	21	22			30	31	30	31	30	31
4			21	22	21	22			30	31	30	31	30	31						
5	21	22					30	31							44	45	44	45	44	45

6			30 31				44 45		
7		30 31			44 45	44 45			
8	30 31			44 45					
9			44 45						
11		44 45							
13	44 45								

Πίνακας A.15. Δειγματοληπτικά σχέδια με $700 \leq AQL \leq 1200$

Sample size	AQLs																			
	700		750		800		850		900		950		1000		1100		1200			
	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re		
2	21	22	21	22	21	22	30	31	30	31	30	31	30	31	30	31	30	31	30	31
3	30	31	30	31	30	31					44	45	44	45	44	45	44	45	44	45
4			44	45	44	45	44	45	44	45										
5	44	45																		

Πίνακας A.16. Δειγματοληπτικά σχέδια με $1300 \leq AQL \leq 2100$

Sample size	AQLs																			
	1300		1400		1500		1600		1700		1800		1900		2000		2100			
	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re		
2	30	31	44	45	44	45	44	45	44	45	44	45	44	45	44	45	44	45	44	45
3	44	45																		