



Έλεγχος Ποιότητας Αποδοχής με Διαλογή

Απλά δειγματοληπτικά σχήματα

Έλεγχος ποιότητας αποδοχής

- Ο έλεγχος ποιότητας αποδοχής αποτελεί μια από τις τρεις μεγάλες περιοχές του σύγχρονου στατιστικού ελέγχου ποιότητας. Τα πρώτα δειγματοληπτικά σχήματα σχεδιάστηκαν και εφαρμόστηκαν τη δεκαετία του 1920 από τους Dodge και Romig στα Bell Telephone Laboratories των Η.Π.Α. και γνώρισαν ιδιαίτερη ανάπτυξη μετά το τέλος του Β' παγκόσμιου πόλεμου.
- Σκοπός τους είναι ο διαχωρισμός παρτίδων σε αποδεκτές και απορριπτές με βάση τα αποτελέσματα δειγματοληψιών.
- Οι ελεγχόμενες παρτίδες μπορεί να αποτελούνται είτε από εξαρτήματα και πρώτες ύλες, είτε από ενδιάμεσα και τελικά προϊόντα. Σε κάθε περίπτωση όμως πρέπει να είναι ομοιογενείς, δηλαδή οι μονάδες που απαρτίζουν κάθε παρτίδα πρέπει να είναι του ίδιου τύπου, κατηγορίας και μεγέθους και να έχουν παραχθεί με τις ίδιες ουσιαστικά συνθήκες κατά την ίδια χρονική περίοδο. Διαφορετικά, το δειγματοληπτικό σχήμα ελέγχου δεν είναι εξίσου αποτελεσματικό, ενώ ταυτοχρόνως δυσχεραίνεται η εξακρίβωση των αιτιών ενδεχόμενης χαμηλής ποιότητας.
- Η δειγματοληψία πρέπει να είναι τυχαία και αντιπροσωπευτική.
- Ο αριθμός των μονάδων που περιλαμβάνει μια παρτίδα λέγεται μέγεθος της παρτίδας, ενώ ο αριθμός των μονάδων που περιλαμβάνει ένα δείγμα λέγεται μέγεθος του δείγματος.
- Τα δειγματοληπτικά σχήματα ελέγχου δε συμβάλλουν άμεσα στη βελτίωση της ποιότητας καθώς απλά διαχωρίζουν τις ελεγχόμενες παρτίδες και υπάρχει περίπτωση λόγω στατιστικών σφαλμάτων, από παρτίδες ίδιας ποιότητας άλλες να γίνουν αποδεκτές και άλλες όχι. Βοηθούν όμως έμμεσα καθώς ο παραγωγός μπορεί να ερμηνεύσει την απόρριψη μιας παρτίδας.
- Σήμερα που τα συστήματα ποιότητας προσανατολίζονται στην πρόληψη, τα σχήματα ελέγχου αποδοχής χρησιμοποιούνται κυρίως σα βοηθητικό εργαλείο διασφάλισης ποιότητας.

- Γενικά, υπάρχουν τρεις δυνατότητες:
 - **Αποδοχή χωρίς έλεγχο.** Κρίνεται σκόπιμη όταν η ποιότητα είναι σχεδόν άψογη, ή όταν η επιθεώρηση είναι οικονομικά ασύμφορη.
 - **100% έλεγχος,** δηλ. επιθεώρηση και διαλογή όλων των μονάδων της παρτίδας. Κρίνεται σκόπιμη όταν η ποιότητα είναι χαμηλή και το κόστος κακής ποιότητας είναι μεγάλο.
 - **Δειγματοληπτικός έλεγχος.** Σε όλες τις υπόλοιπες περιπτώσεις.

- Τα δειγματοληπτικά σχήματα ελέγχου αποδοχής είναι πιο αποτελεσματικά κυρίως όταν:
 - Ο έλεγχος απαιτεί καταστροφή του αντικειμένου.
 - Το κόστος του 100% ελέγχου είναι υπερβολικά υψηλό.
 - Ο 100% έλεγχος είναι τεχνικά ανέφικτος ή χρονοβόρος.
 - Η ποιότητα των παρτίδων είναι πολύ καλή αλλά και το κόστος κακής ποιότητας είναι πολύ υψηλό.

- Ο έλεγχος ποιότητας αποδοχής διακρίνεται σε:
 - **Έλεγχος ποιότητας αποδοχής με διαλογή,** όπου είτε κάθε μονάδα προϊόντος κατατάσσεται απλά σε καλή ή ελαττωματική είτε καταμετρείται ο αριθμός των ελαττωμάτων σύμφωνα με ορισμένη απαίτηση ή σύνολο απαιτήσεων.
 - **Έλεγχος ποιότητας αποδοχής με μέτρηση,** όπου συγκεκριμένο χαρακτηριστικό ποιότητας κάθε μονάδας προϊόντος μετρείται με συγκεκριμένη κλίμακα σε συνεχή βάση και η στατιστική του κατανομή ακολουθεί γνωστό τύπο (συνήθως την καμπύλη της κανονικής κατανομής).

Έλεγχος ποιότητας αποδοχής με διαλογή

- **Χαρακτηριστικά διαλογής** είναι τα χαρακτηριστικά ποιότητας που εκφράζονται από την παρουσία ή απουσία ορισμένων ιδιοτήτων.
- Ένα χαρακτηριστικό διαλογής έχει μόνο δύο δυνατές τιμές, που συνδέονται με δύο δυνατές καταστάσεις:
 - **Ικανοποιητική** και **Μη ικανοποιητική**.
- Ανάλογα με την τιμή ή κατάσταση του χαρακτηριστικού διαλογής, μια μονάδα προϊόντος κατατάσσεται σε:
 - **Καλή ή αποδεκτή ποιότητας ή Ελαττωματική ή μη αποδεκτή ποιότητας**.
- Τα χαρακτηριστικά διαλογής είναι:
 - Είτε ποιοτικά, από τη φύση τους (π.χ. η συσκευασία ενός προϊόντος θεωρείται καλή ή ελαττωματική βάσει κάποιου/ων ποιοτικού/ών κριτηρίου/ίων).
 - Είτε προκύπτουν από τη σύγκριση ενός μετρήσιμου μεγέθους με δεδομένες ποσοτικές προδιαγραφές (π.χ. η διάμετρος ενός άξονα θεωρείται ελαττωματική αν δε βρίσκεται εντός συγκεκριμένων ορίων).
- Τα τελευταία χρόνια η ορολογία έχει αρχίσει να τροποποιείται και οι όροι **defective** (ελαττωματικό) και **defect** (ελάττωμα), τείνουν να αντικατασταθούν από τους όρους **nonconforming** και **nonconformance / nonconformity**, αντίστοιχα, που αποδίδουν το ελάττωμα ως μη συμμόρφωση προς συγκεκριμένες προδιαγραφές.
- Οι τεχνικές του **ελέγχου ποιότητας αποδοχής με διαλογή** (acceptance sampling by attributes) εφαρμόζονται στον έλεγχο αποδοχής παρτίδων προϊόντων με χαρακτηριστικά διαλογής, όπου είτε κάθε μονάδα προϊόντος της παρτίδας είναι καλή ή ελαττωματική είτε καταμετρείται ο αριθμός των ελαττωμάτων / μονάδα προϊόντος. Συνήθως, η μονάδα του προϊόντος είναι ένα μεμονωμένο τεμάχιο, ενώ στις περιπτώσεις που δε συμβαίνει αυτό (π.χ. ύφασμα), η μονάδα ορίζεται αυθαίρετα (π.χ. τ.μ. υφάσματος).
- Τα σχήματα ελέγχου αποδοχής με διαλογή χρησιμοποιούνται ευρύτατα στη βιομηχανία γιατί είναι απλά και κατανοητά και έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμα και από εργαζόμενους που δεν έχουν ιδιαίτερες γνώσεις στατιστικού ελέγχου ποιότητας.

Απλά δειγματοληπτικά σχήματα

- Το **απλό δειγματοληπτικό σχήμα** (single - sampling plan) χαρακτηρίζεται από δύο παραμέτρους:
 - το μέγεθος του δείγματος n και
 - τον αριθμό αποδοχής c ή A_c (Accept)Συχνά εκφράζεται ως (n,c) .
- Από ελεγχόμενη παρτίδα μεγέθους N , λαμβάνεται τυχαίο δείγμα μεγέθους n , με αριθμό ελαττωματικών μονάδων d :
 - Αν $d \leq c$, η παρτίδα γίνεται αποδεκτή
 - Αν $d > c$, η παρτίδα απορρίπτεται
- Το σχήμα λέγεται απλής δειγματοληψίας γιατί η απόφαση βασίζεται σε ένα και μόνο δείγμα από την παρτίδα.

Απλά δειγματοληπτικά σχήματα - Πιθανότητα αποδοχής

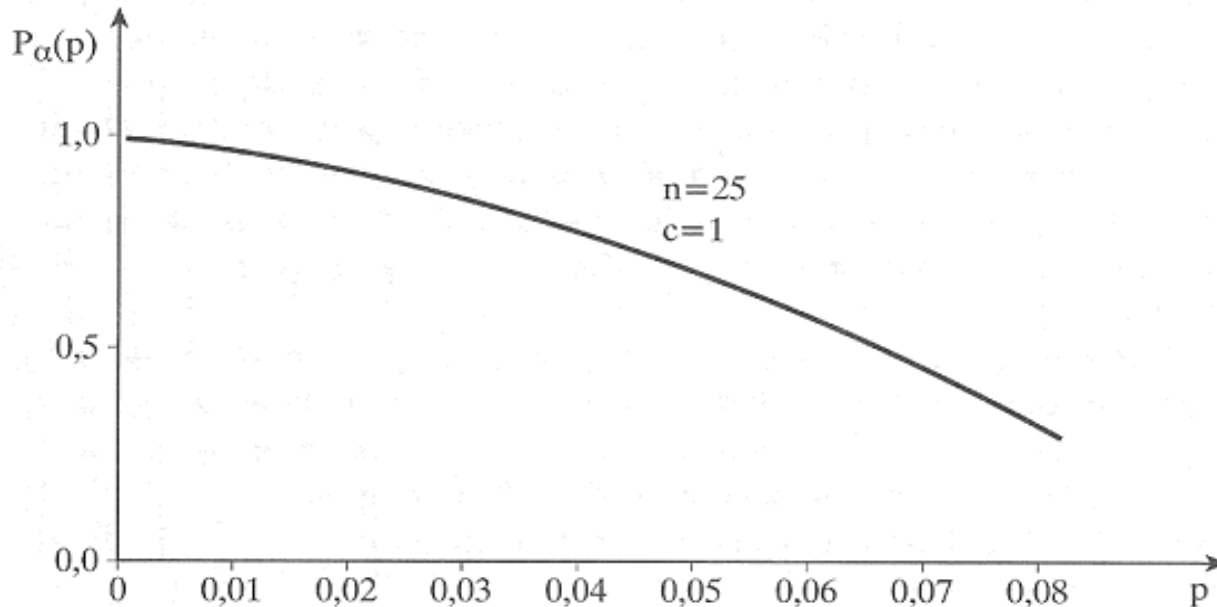
Σημαντικό χαρακτηριστικό λειτουργίας του απλού δειγματοληπτικού σχεδίου είναι η πιθανότητα αποδοχής P_α .

- Η πιθανότητα να γίνει δεκτή μια τυχαία παρτίδα μεγέθους N από μια παραγωγική διαδικασία που παράγει ποσοστό ελαττωματικών προϊόντων p δίνεται από τη διωνυμική κατανομή:

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

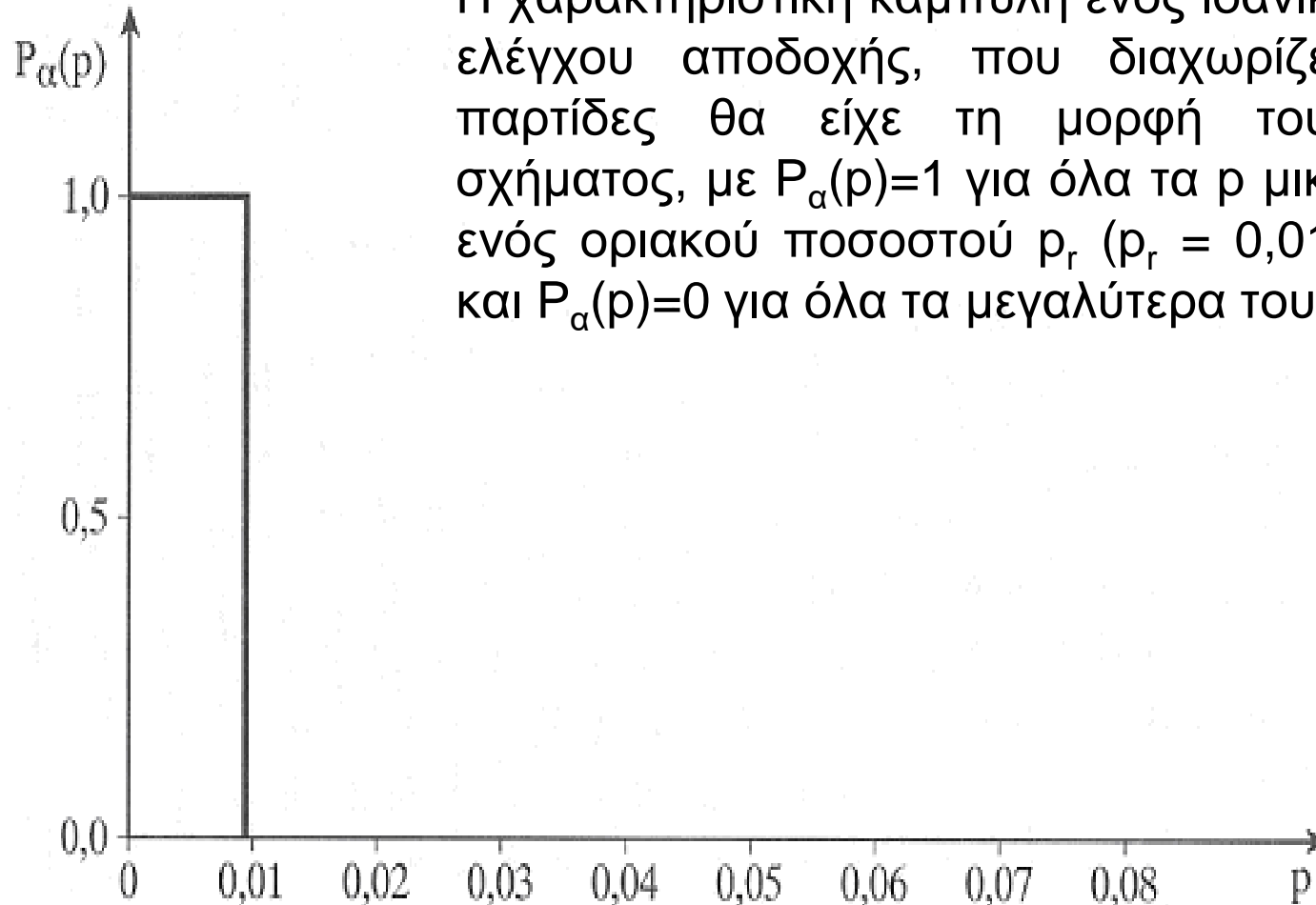
Απλά δειγματοληπτικά σχήματα - Χαρακτηριστική καμπύλη

- Η χαρακτηριστική καμπύλη ή καμπύλη λειτουργικών χαρακτηριστικών (OC: operating characteristic curve) του σχήματος ελέγχου απεικονίζει την πιθανότητα αποδοχής ως συνάρτηση του p και προκύπτει από τον υπολογισμό της $P_{\alpha}(p)$ για διάφορες τιμές του p .
- Το παρακάτω σχήμα δείχνει την καμπύλη του σχήματος (25,1) βάσει της διωνυμικής κατανομής.
- Είναι ενδεικτική της διαχωριστικής ικανότητας ελέγχου. Αν π.χ. $p=3\%$, το σχήμα (25,1) θα κάνει αποδεκτό το 83% περίπου των παρτίδων και θα απορρίψει τις υπόλοιπες.



Απλά δειγματοληπτικά σχήματα

Χαρακτηριστική καμπύλη ιδανικού σχήματος

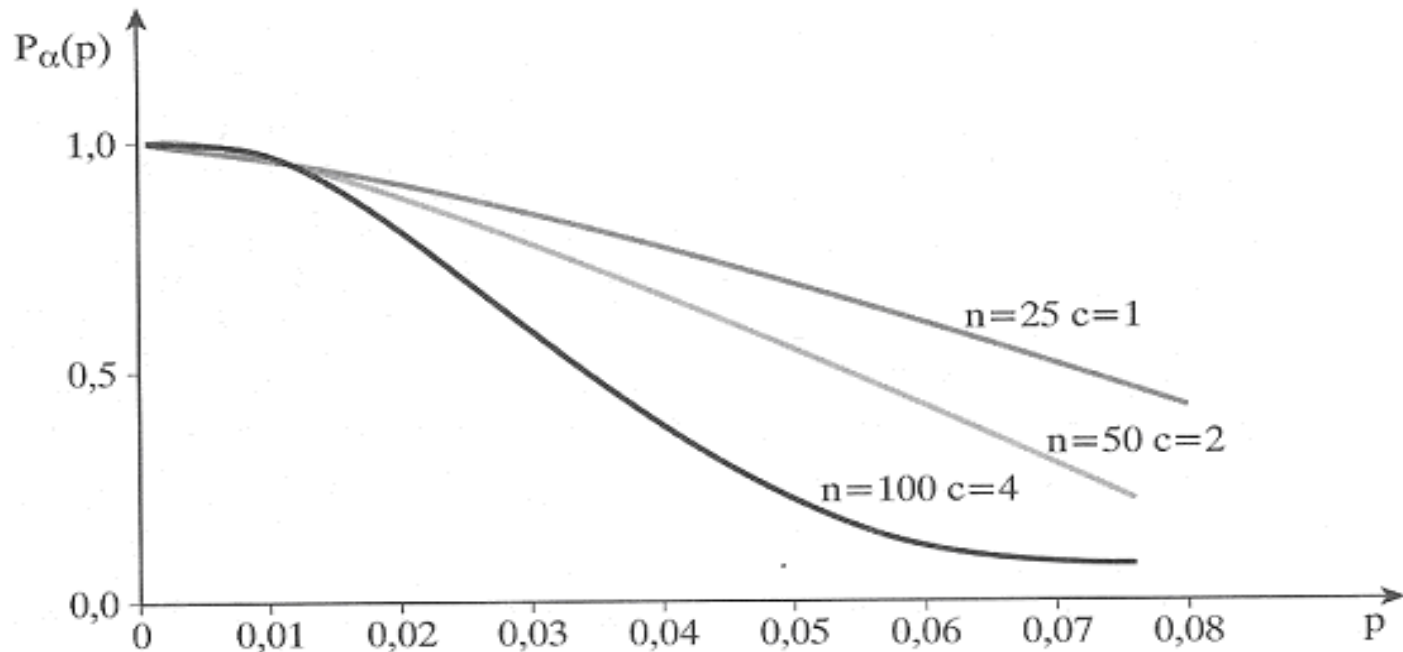


Η χαρακτηριστική καμπύλη ενός ιδανικού σχήματος ελέγχου αποδοχής, που διαχωρίζει τέλεια τις παρτίδες θα είχε τη μορφή του παρακάτω σχήματος, με $P_\alpha(p)=1$ για όλα τα p μικρότερα ή ίσα ενός οριακού ποσοστού p_r ($p_r = 0,01$ στο σχήμα) και $P_\alpha(p)=0$ για όλα τα μεγαλύτερα του p_r .

Απλά δειγματοληπτικά σχήματα

Προσέγγιση χαρακτηριστικής καμπύλης ιδανικού σχήματος

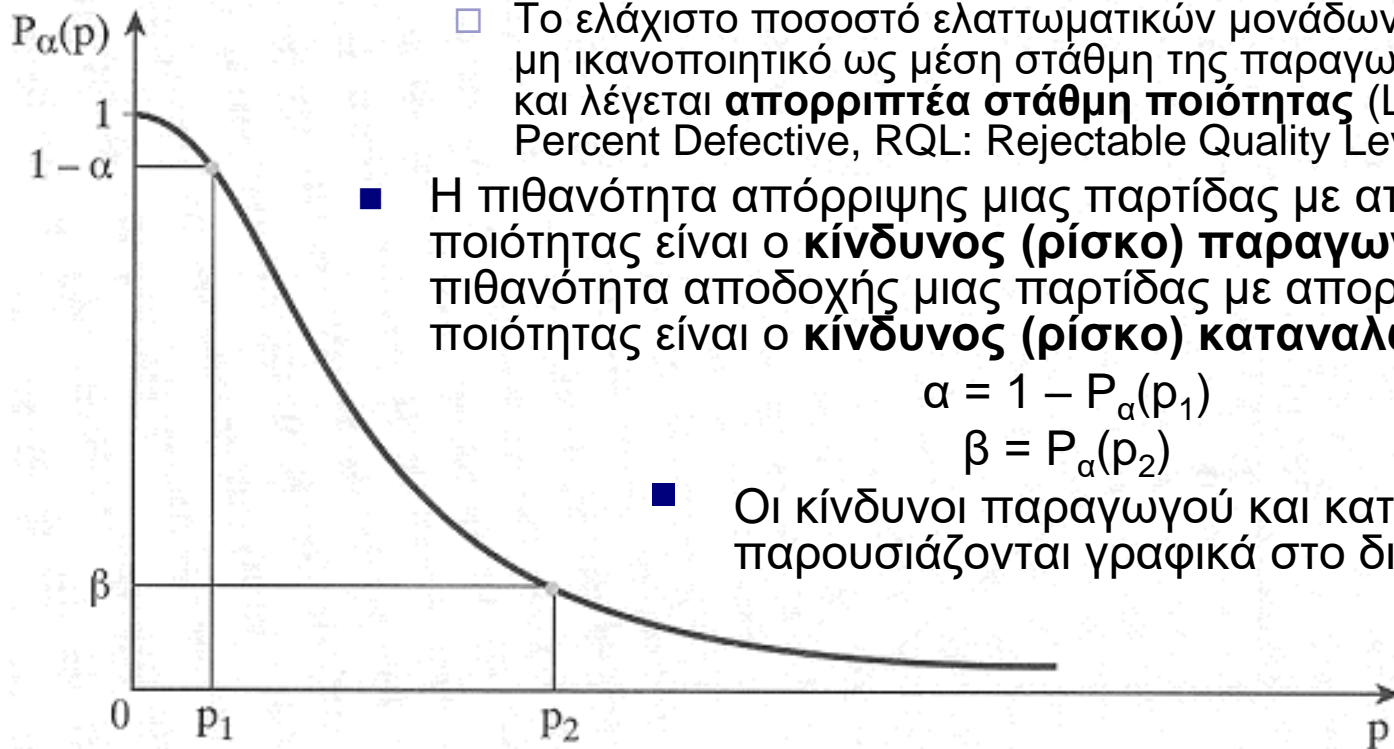
- Η ιδανική χαρακτηριστική καμπύλη επιτυγχάνεται μόνο με 100% επιθεώρηση η οποία θα πρέπει να είναι απαλλαγμένη από κάθε είδους σφάλμα. Στην πράξη επιτυγχάνεται είτε με αύξηση του n (με ανάλογη αύξηση και του c), είτε με μείωση του c (για σταθερό n).
- Το παρακάτω σχήμα επιβεβαιώνει το παραπάνω.
- Παρατηρείται ότι όσο c/n παραμένει σταθερό, η κλίση της καμπύλης (και άρα η διαχωριστική της ικανότητα) μεγαλώνει με αύξηση του n . Αντίστοιχη μορφή μπορούμε να πάρουμε αν μειώσουμε το c αφήνοντας το n σταθερό.



Απλά δειγματοληπτικά σχήματα

Κίνδυνος παραγωγού και καταναλωτή

- Δυο σημεία της χαρακτηριστικής καμπύλης παρουσιάζουν ενδιαφέρον:
 - Το μέγιστο ποσοστό ελαττωματικών μονάδων p_1 που θεωρείται ικανοποιητικό ως μέση στάθμη της παραγωγικής διαδικασίας και λέγεται **αποδεκτή στάθμη ποιότητας**, ΑΣΠ (AQL: Acceptable Quality Level).
 - Το ελάχιστο ποσοστό ελαττωματικών μονάδων p_2 που θεωρείται μη ικανοποιητικό ως μέση στάθμη της παραγωγικής διαδικασίας και λέγεται **απορριπτέα στάθμη ποιότητας** (LTPD: Lot Tolerance Percent Defective, RQL: Rejectable Quality Level).



- Η πιθανότητα απόρριψης μιας παρτίδας με αποδεκτή στάθμη ποιότητας είναι ο **κίνδυνος (ρίσκο) παραγωγού** α , ενώ η πιθανότητα αποδοχής μιας παρτίδας με απορριπτέα στάθμη ποιότητας είναι ο **κίνδυνος (ρίσκο) καταναλωτή** β :

$$\alpha = 1 - P_\alpha(p_1)$$

$$\beta = P_\alpha(p_2)$$

- Οι κίνδυνοι παραγωγού και καταναλωτή παρουσιάζονται γραφικά στο διπλανό σχήμα.

Παράδειγμα

Για τον έλεγχο αποδοχής παρτίδων χρησιμοποιείται απλό δειγματοληπτικό σχήμα με $n=80$ και $c=2$. Η αποδεκτή στάθμη ποιότητας είναι $p_1=0,01$ και η απορριπτέα στάθμη ποιότητας είναι $p_2=0,08$. Να υπολογιστούν οι κίνδυνοι παραγωγού και καταναλωτή.

- Η πιθανότητα αποδοχής παρτίδων δεδομένης στάθμης ποιότητας p_1 δίνεται από τη σχέση:

$$P_{\alpha}(p_1) = P_{\alpha}(0,01) = \sum_{d=0}^2 \binom{80}{d} (0,01)^d (0,99)^{80-d} = 0,9534.$$

- Η πιθανότητα αποδοχής παρτίδων δεδομένης στάθμης ποιότητας p_2 δίνεται από τη σχέση:

$$P_{\alpha}(p_2) = P(0,08) = \sum_{d=0}^2 \binom{80}{d} (0,08)^d (0,92)^{80-d} = 0,0404.$$

- Άρα, ο κίνδυνος παραγωγού είναι $\alpha = 1 - P_{\alpha}(0,01) = 1 - 0,9534 = 0,0466$,
ενώ ο κίνδυνος καταναλωτή είναι $\beta = P_{\alpha}(0,08) = 0,0404$.