TCVN **T I Ê U C H U Ẩ N Q U Ố C G I A**

TCVN 9944-4:2013
ISO/TR 22514-4:2007

Xuất bản lần 1

PHƯƠNG PHÁP THỐNG KÊ TRONG QUẢN LÝ QUÁ TRÌNH − NĂNG LỰC VÀ HIỆU NĂNG − PHẦN 4: ƯỚC LƯỢNG NĂNG LỰC QUÁ TRÌNH VÀ ĐO HIỆU NĂNG

Statistical methods in process management − Capability and performance − Part 4: Process capability estimates and performance measures

HÀ NỘI - 2013

Mục lục

Trang

Lời nói đầu 5

Lời giới thiệu 6

1 Phạm vi áp dụng 9

2 Thuật ngữ và định nghĩa 9

2.1 Thuật ngữ cơ bản 9

2.2 Năng lực quá trình, ước lượng và chỉ số 13

2.3 Hiệu năng quá trình, thước đo và chỉ số 17

3 Ký hiệu và chữ viết tắt 20

3.1 Ký hiệu 20

3.2 Chữ viết tắt 22

4 Thước đo thống kê sử dụng trong năng lực và hiệu năng quá trình 22

4.1 Khái quát 22

4.2 Thước đo vị trí 22

4.3 Thước đo độ phân tán 22

4.4 Sai số bình phương trung bình (MSE) 23

4.5 Giới hạn quy chiếu 23

4.6 Khoảng quy chiếu, còn gọi là độ trải quá trình 23

4.7 Định tính 23

5 Năng lực 23

5.1 Khái quát 23

5.2 Năng lực quá trình 25

5.3 Vị trí quá trình 27

5.4 Chỉ số năng lực quá trình đối với dữ liệu đo được 28

5.5 Chỉ số năng lực quá trình đối với dữ liệu đo được (không chuẩn) 30

5.6 Phương pháp thay thế để mô tả và tính toán ước lượng năng lực quá trình 32

5.7 Chỉ số năng lực khác đối với dữ liệu đo được trong các trường hợp đặc biệt khác 33

5.8 Đánh giá tỷ lệ nằm ngoài quy định (phân bố chuẩn) 34

5.9 Định tính 36

6 Hiệu năng 37

6.1 Khái quát 37

6.2 Chỉ số hiệu năng quá trình đối với dữ liệu đo được (phân bố chuẩn) 38

6.3 Chỉ số hiệu năng quá trình đối với dữ liệu đo được (phân bố không chuẩn) 39

6.4 Chỉ số hiệu năng khác đối với dữ liệu đo được 40
6.5 Đánh giá tỷ lệ nằm ngoài quy định (phân bố chuẩn)..... 41
6.6 Định tính..... 41

Phụ lục A (tham khảo) Ước lượng độ lệch chuẩn 41

Phụ lục B (tham khảo) Ước lượng thước đo năng lực và hiệu năng sử dụng đường Pearson – Qui trình và ví dụ 43

Phụ lục C (tham khảo) Xác định phân bố 51

Phụ lục D (tham khảo) Khoảng tin cậy 56

Phụ lục E (tham khảo) Ví dụ về đầu ra của phần mềm máy tính 58

Thư mục tài liệu tham khảo 60

Lời nói đầu

TCVN 9944-4:2013 hoàn toàn tương đương với ISO/TR 22514-4:2007;

TCVN 9944-4:2013 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC 69 *Ứng dụng các phương pháp thống kê* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Bộ tiêu chuẩn TCVN 9944, chấp nhận bộ tiêu chuẩn ISO 22514, gồm các tiêu chuẩn dưới đây có tên chung "Phương pháp thống kê trong quản lý quá trình – Năng lực và hiệu năng":

- TCVN 9944-1:2013 (ISO 22514-1:2009), Phần 1: Nguyên tắc chung và khái niệm;
- TCVN 9944-2:2013 (ISO 22514-2:2013), Phần 2: Năng lực và hiệu năng quá trình của các mô hình quá trình phụ thuộc thời gian;
- TCVN 9944-3:2013 (ISO 22514-3:2008), Phần 3: Nghiên cứu hiệu năng máy đối với dữ liệu đo được trên các bộ phận riêng rẽ;
- TCVN 9944-4:2013 (ISO/TR 22514-4:2007), Phần 4: Ước lượng năng lực quá trình và đo hiệu năng;
- TCVN 9944-7:2013 (ISO 22514-7:2012), Phần 7: Năng lực của quá trình đo.

Bộ tiêu chuẩn ISO 22514 còn có các tiêu chuẩn dưới đây có tên chung "*Statistical methods in process management − Capability and performance*":

- *ISO 22514-5, Part 5: Process capability statistics for attribute characteristics*;
- *ISO 22514-6, Part 6: Process capability statistics for characteristics following a multivariate normal distribution*.

Lời giới thiệu

Nhiều tổ chức đã bắt tay vào chiến lược cải tiến liên tục. Để tuân thủ chiến lược này, mọi tổ chức đều cần đánh giá năng lực và hiệu năng của các quá trình quan trọng. Các phương pháp mô tả trong tiêu chuẩn này nhằm hỗ trợ nhà quản lý thực hiện việc này. Những đánh giá này cần được lãnh đạo xem xét thường xuyên để có thể thực hiện các hành động cải tiến liên tục phù hợp khi cần thiết.

Nội dung của tiêu chuẩn này có sự thay đổi lớn về quan điểm trong thời điểm hiện tại và cố gắng phản ánh tình hình hiện nay. Thay đổi cơ bản nhất là việc phân tách giữa khái niệm sử dụng trong tiêu chuẩn này là điều kiện năng lực với điều kiện hiệu năng, khác biệt chính là việc độ ổn định thống kê có thu được (năng lực) hay không (hiệu năng). Điều này dẫn đến hai tập hợp chỉ số được đề cập trong các điều liên quan. Việc chỉ ra sự phân biệt giữa các chỉ số này trở nên cần thiết vì thực tế trong ngành công nghiệp cho thấy các công ty đều làm hiểu sai về tình trạng năng lực thực sự của mình qua việc tính toán và công bố những chỉ số không phù hợp.

Tiến trình của tiêu chuẩn này đi từ điều kiện chung đến cụ thể và cách tiếp cận này dẫn đến công thức tổng quát được đưa ra trước những biểu thị thông thường nhưng cụ thể hơn của chúng.

Có nhiều tài liệu mô tả tầm quan trọng của việc thông hiểu các quá trình hoạt động trong phạm vi tổ chức bất kỳ, là quá trình sản xuất hoặc xử lý thông tin. Khi các tổ chức cạnh tranh bán hàng với nhau, điều ngày càng trở nên rõ ràng là không chỉ giá thành chi trả cho sản phẩm hoặc dịch vụ là vấn đề lớn mà còn chi phí nào người mua phải chịu khi sử dụng sản phẩm hoặc dịch vụ đó. Mục tiêu cho mọi nhà cung cấp là liên tục giảm độ biến động và không chỉ dừng ở đáp ứng quy định.

Cải tiến liên tục dẫn đến giảm chi phí sai hỏng và hỗ trợ việc duy trì sự tồn tại trong thế giới cạnh tranh ngày một nhiều. Cũng có thể tiết kiệm các chi phí thẩm định vì độ biến động giảm thì nhu cầu kiểm tra sản phẩm có thể không cần thiết hoặc tần số lấy mẫu có thể giảm.

Đánh giá năng lực và hiệu năng quá trình là cần thiết để cho phép tổ chức đánh giá năng lực và hiệu năng của nhà cung cấp. Các tổ chức sẽ thấy những chỉ số trong tiêu chuẩn này rất hữu ích cho nỗ lực này.

Định lượng độ biến động trong quá trình cho phép đánh giá sự phù hợp và khả năng đáp ứng yêu cầu cho trước nào đó của quá trình. Những nội dung dưới đây đưa ra triết lý cần được thông hiểu để xác định năng lực hoặc hiệu năng của quá trình bất kỳ.

Mọi quá trình đều có độ biến động vốn có nhất định. Tiêu chuẩn này không cố gắng giải thích ý nghĩa của độ biến động vốn có, vì sao nó tồn tại, nó bắt nguồn từ đâu cũng như ảnh hưởng của nó tới quá trình như thế nào. Tiêu chuẩn này bắt đầu từ tiền đề là nó tồn tại và ổn định.

Chủ sở hữu quá trình cần cố gắng hiểu những nguồn biến động trong các quá trình của mình. Các phương pháp như lưu đồ quá trình và xác định đầu vào, đầu ra của quá trình sẽ giúp nhận biết

những độ biến động này cùng với việc sử dụng thích hợp biểu đồ nguyên nhân-kết quả (biểu đồ xương cá).

Điều quan trọng đối với người sử dụng tiêu chuẩn này là đánh giá được độ biến động tồn tại có tính chất ngắn hạn cũng như độ biến động có tính chất dài hạn và việc xác định năng lực chỉ sử dụng độ biến động ngắn hạn có thể khác biệt lớn so với sử dụng độ biến động dài hạn.

Khi xét độ biến động ngắn hạn, có thể tiến hành nghiên cứu chỉ sử dụng độ biến động ngắn hạn, đôi khi được gọi là nghiên cứu máy. Phương pháp cần thiết để tiến hành nghiên cứu như vậy không thuộc phạm vi của tiêu chuẩn này; tuy nhiên, cần chú ý là các nghiên cứu này rất quan trọng và hữu ích.

Cũng cần chú ý rằng khi các chỉ số năng lực trong tiêu chuẩn này được tính toán, chúng chỉ là các ước lượng điểm cho giá trị thực của chúng. Do đó, khuyến nghị rằng, khi có thể, cần tính toán và báo cáo khoảng tin cậy của các chỉ số. Tiêu chuẩn này mô tả các phương pháp để tính chúng.

Phương pháp thống kê trong quản lý quá trình – Năng lực và hiệu năng –
Phần 4: Ước lượng năng lực quá trình và đo hiệu năng

Statistical methods in process management − Capability and performance −
Part 4: Process capability estimates and performance measures

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này mô tả các thước đo năng lực và hiệu năng quá trình được sử dụng phổ biến.

2 Thuật ngữ và định nghĩa

Tiêu chuẩn này áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa dưới đây.

2.1 Thuật ngữ cơ bản

2.1.1

Sản phẩm (product)

Kết quả của một **quá trình**.

CHÚ THÍCH: Quá trình được định nghĩa trong ISO 12207, 3.17 và TCVN ISO 9000:2007 (ISO 9000:2005), 3.4.1.

2.1.2

Đặc trưng (characteristic)

Đặc điểm phân biệt.

CHÚ THÍCH 1: Đặc trưng có thể là vốn có hoặc ấn định.

CHÚ THÍCH 2: Đặc trưng có thể là định tính hoặc định lượng.

CHÚ THÍCH 3: Có nhiều loại đặc trưng khác nhau, ví dụ như:

- vật lý (ví dụ: đặc tính cơ, điện, sinh, hoá);
- cảm quan (ví dụ các đặc tính liên quan đến ngửi, sờ mó, nếm nhìn, nghe);

- hành vi (ví dụ: nhã nhặn, trung thực, chân thật);
- thời gian (ví dụ: đúng lúc, tin cậy, sẵn có);
- ergonomic (ví dụ: đặc trưng tâm lý, hay liên quan đến an toàn của con người);
- chức năng (ví dụ: tốc độ tối đa của máy bay).

[TCVN ISO 9000:2007 (ISO 9000:2005), 3.5.1]

2.1.3

Đặc trưng chất lượng (quality characteristic)

Đặc trưng (2.1.2) vốn có của **sản phẩm** (2.1.1), quá trình hay hệ thống liên quan đến một yêu cầu.

CHÚ THÍCH 1: Vốn có nghĩa là tồn tại dưới dạng nào đó, đặc biệt là đặc tính lâu bền.
CHÚ THÍCH 2: Một đặc trưng gán cho sản phẩm, quá trình hay hệ thống (ví dụ như giá cả của sản phẩm, chủ sở hữu của sản phẩm) không phải là đặc trưng chất lượng của sản phẩm, quá trình hay hệ thống đó.

[TCVN ISO 9000:2007 (ISO 9000:2005), 3.5.2]

2.1.4

Giới hạn quy định (specification limit)

Giá trị giới hạn quy định cho một **đặc trưng** (2.1.2).

[TCVN 8244-2:2010 (ISO 3534-2:2006), 3.1.3]

2.1.5

Dung sai quy định (specified tolerance)

Hiệu giữa **giới hạn quy định** (2.1.4) trên và giới hạn quy định dưới.

[TCVN 8244-2:2010 (ISO 3534-2:2006), 3.1.6]

2.1.6

Giá trị đích (target value)

T

Giá trị ưu tiên hoặc quy chiếu của một **đặc trưng** (2.1.2) được nêu trong quy định.

[TCVN 8244-2:2010 (ISO 3534-2:2006), 3.1.2]

2.1.7

Phân bố (distribution) <của đặc trưng>

Thông tin về hành vi xác suất của **đặc trưng** (2.1.2).

CHÚ THÍCH 1: Phân bố của **đặc trưng** (2.1.2) có thể được đại diện, ví dụ, bằng vị trí các giá trị của **đặc trưng** (2.1.2) đó và thể hiện dạng thước đo hoặc điểm dưới dạng đồ thị điểm hoặc biểu đồ phân bố. Các dạng này cung cấp tất cả các thông tin trị số về **đặc trưng** (2.1.2) ngoại trừ thứ tự dãy chứa dữ liệu.

CHÚ THÍCH 2: Phân bố của **đặc trưng** (2.1.2) phụ thuộc vào các điều kiện chủ đạo. Do đó, nếu muốn có thông

tin có ý nghĩa về phân bố của **đặc trưng** (2.1.2) thì cần quy định điều kiện thu thập dữ liệu.

CHÚ THÍCH 3: Điều quan trọng là cần biết về **lớp phân bố** (2.1.8), ví dụ, chuẩn hay loga chuẩn, trước khi dự đoán hay ước lượng năng lực hoặc hiệu năng quá trình và các chỉ số hoặc tỷ lệ không phù hợp.

[TCVN 8244-2:2010 (ISO 3534-2:2006), 2.5.1]

2.1.8

Lớp phân bố (class of distributions)

Họ **phân bố** (2.1.7) cụ thể mà mỗi thành phần của nó có cùng các tính chất được quy định cho họ đó.

VÍ DỤ 1: Phân bố chuẩn hai tham số, hình chuông đối xứng có tham số là trung bình và độ lệch chuẩn.

VÍ DỤ 2: Phân bố Weibull ba tham số, có các tham số vị trí, hình dạng và thang đo.

VÍ DỤ 3: Phân bố liên tục một mốt.

CHÚ THÍCH 1: Lớp phân bố thường được quy định đầy đủ thông qua giá trị của các tham số thích hợp.

CHÚ THÍCH 2: Kiểm nghiệm tính chuẩn của dữ liệu được đề cập trong TCVN 9603 (ISO 5479).

CHÚ THÍCH 3: Lấy từ TCVN 8244-2:2010 (ISO 3534-2:2006), 2.5.2.

2.1.9

Mô hình phân bố (distribution model)

Phân bố (2.1.7) hoặc **lớp phân bố** (2.1.8) quy định.

VÍ DỤ 1: Mô hình đối với phân bố của đặc trưng sản phẩm, như đường kính bu lông, có thể là phân bố chuẩn có trung bình 15 mm và độ lệch chuẩn 0,05 mm. Đây là mô hình được quy định đầy đủ.

VÍ DỤ 2: Mô hình đối với đường kính bu lông như trong Ví dụ 1 có thể là lớp phân bố chuẩn mà không cần cố gắng quy định một phân bố cụ thể. Ở đây mô hình này là lớp phân bố chuẩn.

[TCVN 8244-2:2010 (ISO 3534-2:2006), 2.5.3]

2.1.10

Giới hạn quy chiếu (reference limits)

Phân vị danh nghĩa của **phân bố** (2.1.7) của đặc trưng sản phẩm.

CHÚ THÍCH 1: Phải quy định điều kiện của **phân bố** (2.1.7) của đặc trưng sản phẩm, xem Chú thích 2 và 3 của 2.1.7.

CHÚ THÍCH 2: Các phân vị thường được sử dụng là 0,135 % và 99,865 %.

VÍ DỤ: Nếu **phân bố** (2.1.7) của đặc trưng sản phẩm là phân bố chuẩn có trung bình μ và độ lệch chuẩn σ thì giới hạn là $\mu \pm 3\sigma$ nếu sử dụng các phân vị truyền thống 0,135 % và 99,865 %.

2.1.11

Khoảng quy chiếu (reference interval)

Khoảng giới hạn bởi phân vị 99,865 %, $X_{99,865\,\%}$, và phân vị 0,135 %, $X_{0,135\,\%}$.

CHÚ THÍCH 1: Có thể biểu thị khoảng này là ($X_{99,865\ \%}$, $X_{0,135\ \%}$) và độ dài của khoảng là ($X_{99,865\ \%} - X_{0,135\ \%}$).

CHÚ THÍCH 2: Thuật ngữ này chỉ được sử dụng như một cơ sở tuỳ ý chứ không phải chuẩn hóa để xác định **chỉ số hiệu năng quá trình** (2.3.3) và **chỉ số năng lực quá trình** (xem 2.2.3).

CHÚ THÍCH 3: Đối với **phân bố** (2.1.7) chuẩn, khoảng quy chiếu có thể biểu thị theo sáu độ lệch chuẩn, 6σ hoặc $6S$, khi ước lượng từ mẫu.

CHÚ THÍCH 4: Đối với phân bố không chuẩn, độ dài của khoảng quy chiếu có thể ước lượng bằng giấy xác suất thích hợp (ví dụ loga chuẩn) hoặc từ độ nhọn mẫu và độ bất đối xứng mẫu sử dụng, ví dụ, đường cong Pearson.

CHÚ THÍCH 5: Phân vị hay tỷ lệ chỉ thị việc chia phân bố thành các đơn vị hoặc phần bằng nhau. Phân vị được định nghĩa trong TCVN 8244-1 (ISO 3534-1).

[TCVN 8244-2:2010 (ISO 3534-2:2006), 2.5.7]

2.1.12

Tỷ lệ không phù hợp trên (upper fraction nonconforming)

p_U

Tỷ lệ **phân bố** (2.1.7) của **đặc trưng** (2.1.2) cao hơn **giới hạn quy định** (2.1.4) trên, U.

VÍ DỤ: Trong **phân bố** (2.1.7) chuẩn với trung bình μ và độ lệch chuẩn σ:

$$p_U = 1 - \Phi\left(\frac{U - \mu}{\sigma}\right) = \Phi\left(\frac{\mu - U}{\sigma}\right)$$

trong đó

p_U là tỷ lệ không phù hợp trên;

Φ là hàm phân bố của phân bố chuẩn chuẩn hóa;

U là giới hạn quy định trên.

CHÚ THÍCH 1: Bảng (hoặc các hàm trong bộ chương trình máy tính thống kê) phân bố chuẩn chuẩn hóa có sẵn cung cấp tỷ lệ đầu ra của quá trình dự kiến vượt ra ngoài một giá trị quan tâm cụ thể, như **giới hạn quy định** (2.1.4), về độ lệch chuẩn so với trung bình quá trình. Điều này tránh được đòi hỏi thực hiện hàm phân bố thống kê cho trong ví dụ.

CHÚ THÍCH 2: Hàm số liên quan đến phân bố lý thuyết. Trong thực tế, với phân bố thực nghiệm, các tham số được thay bằng ước lượng của chúng.

[TCVN 8244-2:2010 (ISO 3534-2:2006), 2.5.4]

2.1.13

Tỷ lệ không phù hợp dưới (lower fraction nonconforming)

p_L

Tỷ lệ **phân bố** (2.1.7) của **đặc trưng** (2.1.2) thấp hơn **giới hạn quy định** (2.1.4) dưới, L.

VÍ DỤ: Trong **phân bố** (2.1.7) chuẩn với trung bình μ và độ lệch chuẩn σ:

$$p_L = \Phi\left(\frac{L-\mu}{\sigma}\right)$$

trong đó

p_L là tỷ lệ không phù hợp dưới;

Φ là hàm phân bố của phân bố chuẩn chuẩn hóa;

L là giới hạn quy định dưới.

CHÚ THÍCH 1: Bảng (hoặc các hàm trong bộ chương trình máy tính thống kê) phân bố chuẩn chuẩn hóa có sẵn cung cấp tỷ lệ đầu ra của quá trình dự kiến vượt ra ngoài một giá trị quan tâm cụ thể, như **giới hạn quy định** (2.1.4), về độ lệch chuẩn so với trung bình quá trình. Điều này tránh được đòi hỏi thực hiện hàm phân bố thống kê cho trong ví dụ.

CHÚ THÍCH 2: Hàm số liên quan đến phân bố lý thuyết. Trong thực tế, với phân bố thực nghiệm, các tham số được thay bằng ước lượng của chúng.

[TCVN 8244-2:2010 (ISO 3534-2:2006), 2.5.5]

2.1.14

Tỷ lệ không phù hợp toàn phần (total fraction nonconforming)

p_t

Tổng **tỷ lệ không phù hợp trên** (2.1.12) và **tỷ lệ không phù hợp dưới** (2.1.13).

VÍ DỤ: Trong **phân bố** (2.1.7) chuẩn với trung bình μ và độ lệch chuẩn σ:

$$p_t = \Phi\left(\frac{\mu-U}{\sigma}\right) + \Phi\left(\frac{L-\mu}{\sigma}\right)$$

trong đó

p_t là tỷ lệ không phù hợp toàn phần;

Φ là hàm phân bố của phân bố chuẩn chuẩn hóa;

L là giới hạn qui định dưới

U là giới hạn qui định trên.

[TCVN 8244-2:2010 (ISO 3534-2:2006), 2.5.6]

2.2 Năng lực quá trình, ước lượng và chỉ số

2.2.1

Năng lực quá trình (process capability) <ước lượng>

Ước lượng thống kê kết quả của một đặc trưng từ quá trình đã được chứng tỏ ở trạng thái kiểm soát thống kê và cho thấy quá trình có khả năng tạo ra một đặc trưng đáp ứng các yêu cầu đối với đặc trưng đó.

CHÚ THÍCH 1: Đặc trưng từ quá trình cần được lập thành văn bản là ở trạng thái kiểm soát thống kê.

CHÚ THÍCH 2: Kết quả là một **phân bố** (2.1.7) cần xác định về lớp và các tham số ước lượng của nó.

CHÚ THÍCH 3: Trong những trường hợp nhất định, độ lệch chuẩn, S_w, chỉ thể hiện độ biến động trong phạm vi nhóm con, có thể sử dụng thay cho S_t như một hàm ước lượng:

$$S_w \approx \frac{\overline{R}}{d_2} \text{ hoặc } \frac{\sum_{j=1}^{m} S_j}{mc_4} \text{ hoặc } \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{m} S_j^2}{m}}$$

trong đó

$\overline{R}$ là độ rộng trung bình tính từ tập hợp gồm m độ rộng nhóm con;

S_j là độ lệch chuẩn mẫu của nhóm con thứ j;

m là số nhóm con có cùng cỡ mẫu n;

d_2 , c_4 là các hằng số dựa trên cỡ nhóm con, n.

Hoặc, đối với phân bố chuẩn, có thể ước lượng độ lệch chuẩn tổng thể của quá trình, σ_t, bằng cách sử dụng công thức tính S_t.

Giá trị của các ước lượng S_t và S_w hội tụ đối với một quá trình trong trạng thái kiểm soát thống kê. Do vậy, việc so sánh hai giá trị này đưa ra chỉ số về độ ổn định của quá trình. Đối với quá trình không được kiểm soát về trung bình không đổi, hoặc, đối với quá trình mà trung bình chịu thay đổi hệ thống, giá trị của S_w có khả năng ước lượng thấp đáng kể độ lệch chuẩn quá trình. Do đó, S_w cần được sử dụng với sự chú ý đặc biệt. Đôi khi, ước lượng S_t được ưu tiên hơn S_w vì nó có các tính chất thống kê dễ tìm hơn (ví dụ dễ dàng tính toán giới hạn tin cậy).

CHÚ THÍCH 4: Đối với phân bố chuẩn, có thể đánh giá năng lực quá trình từ biểu thức:

$$\overline{\overline{X}} \pm (zS_t)$$

trong đó

$$\overline{\overline{X}} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^{m} \overline{X}_j$$

và $\overline{X}_j$ là trung bình quan trắc được của nhóm con thứ j.

Việc chọn giá trị z phụ thuộc vào chuẩn năng lực phần triệu cụ thể được sử dụng. z thường lấy giá trị 3, 4 hoặc 5. Nếu năng lực quá trình đáp ứng các yêu cầu quy định thì giá trị z bằng 3 chỉ ra khả năng 2 700 phần triệu nằm ngoài quy định. Tương tự, z bằng 4 chỉ ra khả năng 64 phần triệu, còn z bằng 5 chỉ ra khả năng 0,6 phần triệu nằm ngoài quy định.

CHÚ THÍCH 5: Đối với phân bố không chuẩn, có thể đánh giá năng lực quá trình bằng cách sử dụng, ví dụ, giấy xác suất thích hợp hoặc từ các tham số của phân bố được khớp với dữ liệu. Biểu thức đối với năng lực quá trình có dạng không đối xứng:

$$\overline{\overline{X}}^{+a}_{-b}$$

Ký hiệu $^{+a}_{-b}$ là cách thể hiện chuẩn trong thực hành để biểu diễn dung sai quy định về giá trị danh nghĩa, hoặc ưu tiên, đối với một đặc trưng khi giá trị ưu tiên không cách đều giới hạn ở hai phía. Ký hiệu tương đương cho trường hợp giới hạn đối xứng về hai phía so với giá trị ưu tiên là $\pm$. Cách ký hiệu này cho phép so sánh trực

tiếp kích cỡ hiệu năng của đặc trưng với các yêu cầu quy định về vị trí cũng như độ phân tán của nó.

CHÚ THÍCH 6: Khi sử dụng $S_w = \frac{\overline{R}}{d_2}$, cần phải hiểu rằng ước lượng này:

– trở nên kém hiệu quả dần khi cỡ nhóm con tăng;
– rất nhạy với phân bố của giá trị cá thể;
– làm cho khó ước lượng giới hạn tin cậy.

CHÚ THÍCH 7: Điều kiện năng lực rất giới hạn và bao gồm:

- phương pháp áp dụng để chứng tỏ rằng quá trình được kiểm soát;
- điều kiện kỹ thuật (lô đầu vào, người vận hành, công cụ, v.v…);
- quá trình đo (độ phân biệt, độ đúng, độ lặp lại, độ tái lập, v.v…); và
- thu thập dữ liệu (khoảng thời gian, tần số).

CHÚ THÍCH 8: Lấy từ TCVN 8244-2:2010 (ISO 3534-2:2006), 2.7.1.

2.2.2

Ước lượng năng lực quá trình (process capability estimate)

Đại lượng mô tả một hoặc nhiều tính chất của **phân bố** (2.1.7) của đặc trưng sản phẩm trong điều kiện năng lực.

VÍ DỤ 1: Độ lệch chuẩn [TCVN 8244-1:2010 (ISO 3534-1:2006), 2.37] của **phân bố** (2.1.7) của đặc trưng sản phẩm trong điều kiện năng lực (xem 2.2.1, Chú thích 1 và Chú thích 7).

VÍ DỤ 2: Trung bình [TCVN 8244-1:2010 (ISO 3534-1:2006), 2.35.1] của **phân bố** (2.1.7) của đặc trưng sản phẩm trong điều kiện năng lực (xem 2.2.1, Chú thích 1 và Chú thích 7).

VÍ DỤ 3: **Khoảng quy chiếu** (2.1.11) của **phân bố** (2.1.7) của đặc trưng sản phẩm trong điều kiện năng lực (xem 2.2.1, Chú thích 1 và Chú thích 7).

2.2.3

Chỉ số năng lực quá trình (process capability index)

C_p

Chỉ số mô tả **năng lực quá trình** (2.2.1) theo **dung sai quy định** (2.1.5).

CHÚ THÍCH 1: Chỉ số năng lực quá trình thường được biểu thị bằng giá trị **dung sai quy định** (2.1.5) chia cho số đo độ dài **khoảng quy chiếu** (2.1.11) đối với quá trình trong trạng thái kiểm soát thống kê, đó là:

$$C_p = \frac{U - L}{X_{99,865\,\%} - X_{0,135\,\%}}$$

CHÚ THÍCH 2: Đối với **phân bố** (2.1.7) chuẩn, **khoảng quy chiếu** (2.1.11) bằng $6S_w$ (xem 2.2.1, các chú thích).

CHÚ THÍCH 3: Đối với **phân bố** (2.1.7) không chuẩn, có thể ước lượng **khoảng quy chiếu** (2.1.11) bằng cách sử dụng phương pháp giấy xác suất hoặc đường cong Pearson.

CHÚ THÍCH 4: Lấy từ TCVN 8244-2:2010 (ISO 3534-2:2006), 2.7.2.

2.2.4

Chỉ số năng lực trên của quá trình (upper process capability index)

$C_{\mathrm{pk}U}$

Chỉ số mô tả **năng lực quá trình** (2.2.1) theo **giới hạn quy định** (2.1.4) trên, U.

CHÚ THÍCH 1: Chỉ số năng lực trên của quá trình thường được biểu thị bằng hiệu giữa **giới hạn quy định** (2.1.4) trên và phân vị 50 %, $X_{50\,\%}$, chia cho số đo độ dài **khoảng quy chiếu** (2.1.11) trên đối với quá trình trong trạng thái kiểm soát thống kê, là:

$$C_{\mathrm{pk}U} = \frac{U - X_{50\,\%}}{X_{99{,}865\,\%} - X_{50\,\%}}$$

CHÚ THÍCH 2: Đối với **phân bố** (2.1.7) chuẩn, **khoảng quy chiếu** (2.1.11) trên bằng $3S_{\mathrm{w}}$ (xem 2.2.1, các chú thích) và $X_{50\,\%}$ thể hiện cả trung bình và trung vị.

$$C_{\mathrm{pk}U} = \frac{U - X_{50\,\%}}{3\sigma}$$

CHÚ THÍCH 3: Đối với **phân bố** (2.1.7) không chuẩn, có thể ước lượng **khoảng quy chiếu** (2.1.11) trên, ví dụ, bằng cách sử dụng phương pháp giấy xác suất hoặc đường cong Pearson còn $X_{50\,\%}$ thể hiện trung vị.

CHÚ THÍCH 4: Lấy từ TCVN 8244-2 (ISO 3534-2), 2.7.4.

2.2.5

Chỉ số năng lực dưới của quá trình (lower process capability index)

$C_{\mathrm{pk}L}$

Chỉ số mô tả **năng lực quá trình** (2.2.1) theo **giới hạn quy định** (2.1.4) dưới.

CHÚ THÍCH 1: Chỉ số năng lực dưới của quá trình thường được biểu thị bằng hiệu giữa phân vị 50 %, $X_{50\,\%}$, và **giới hạn quy định** (2.1.4) dưới chia cho số đo độ dài khoảng quy chiếu dưới đối với quá trình trong trạng thái kiểm soát thống kê, là:

$$C_{\mathrm{pk}L} = \frac{X_{50\,\%} - L}{X_{50\,\%} - X_{0{,}135\,\%}}$$

CHÚ THÍCH 2: Đối với **phân bố** (2.1.7) chuẩn, **khoảng quy chiếu** (2.1.11) dưới bằng $3S_{\mathrm{w}}$ (xem 2.2.1, các chú thích) và $X_{50\,\%}$ thể hiện cả trung bình và trung vị.

CHÚ THÍCH 3: Đối với **phân bố** (2.1.7) không chuẩn, có thể ước lượng **khoảng quy chiếu** (2.1.11) dưới, ví dụ, bằng cách sử dụng phương pháp giấy xác suất hoặc đường cong Pearson còn $X_{50\,\%}$ thể hiện trung vị.

CHÚ THÍCH 4: Lấy từ TCVN 8244-2:2010 (ISO 3534-2:2006), 2.7.3.

2.2.6

Chỉ số năng lực tối thiểu của quá trình (minimum process capability index)

C_{pk}

Giá trị nhỏ hơn của **chỉ số năng lực trên của quá trình** (2.2.4) và **chỉ số năng lực dưới của quá trình** (2.2.5).

[TCVN 8244-2:2010 (ISO 3534-2:2006), 2.7.5]

2.3 Hiệu năng quá trình, thước đo và chỉ số

2.3.1

Hiệu năng quá trình (process performance) <thước đo>

Thước đo thống kê kết quả của một đặc trưng từ một quá trình chưa được chứng tỏ là trong trạng thái kiểm soát thống kê.

CHÚ THÍCH 1: Đặc trưng từ quá trình không nhất thiết phải lập thành văn bản là ở trạng thái kiểm soát thống kê.

CHÚ THÍCH 2: Kết quả là một **phân bố** (2.1.7) cần xác định về lớp và các tham số được đánh giá của nó.

CHÚ THÍCH 3: Cần chú ý khi sử dụng thước đo này vì nó có thể chứa thành phần biến động do các nguyên nhân đặc biệt có giá trị không dự đoán trước được.

CHÚ THÍCH 4: Đối với **phân bố** (2.1.7) chuẩn mô tả theo độ lệch chuẩn, S_t, chỉ đánh giá từ một mẫu có cỡ mẫu N, thì độ lệch chuẩn được biểu thị bằng:

$$S_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}\left(X_i - \overline{X}\right)^2}{N-1}}$$

trong đó

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N}$$

Ký hiệu S_t tính đến độ biến động do các nguyên nhân ngẫu nhiên (thông thường) cùng với các nguyên nhân đặc biệt có thể có. Ở đây S_t được dùng thay cho σ_t, vì độ lệch chuẩn là thước đo mô tả thống kê. Cỡ mẫu có thể hình thành từ m nhóm con, mỗi nhóm có cỡ n.

CHÚ THÍCH 5: Đối với **phân bố** (2.1.7) chuẩn, có thể đánh giá hiệu năng quá trình từ biểu thức:

$$\overline{X}_t \pm z\, S_t$$

Lựa chọn z phụ thuộc vào yêu cầu hiệu năng phần triệu cụ thể. Thường z lấy giá trị 3, 4 hoặc 5. Nếu hiệu năng quá trình trùng với các yêu cầu qui định thì giá trị z bằng 3 chỉ ra khả năng 2 700 phần triệu nằm ngoài quy định. Tương tự, z bằng 4 chỉ ra khả năng 64 phần triệu và z bằng 5 chỉ ra 0,6 phần triệu nằm ngoài quy định.

CHÚ THÍCH 6: Đối với phân bố không chuẩn, có thể đánh giá hiệu năng quá trình bằng cách sử dụng, ví dụ, giấy xác suất thích hợp hoặc từ các tham số của phân bố làm khớp với dữ liệu. Biểu thức đối với hiệu năng quá trình có dạng bất đối xứng:

$\overline{X}_{\mathrm{t}}^{+a}_{-b}$

Ký hiệu $^{+a}_{-b}$ là cách thể hiện chuẩn trong thực hành để biểu diễn dung sai quy định về giá trị danh nghĩa hoặc ưu tiên đối với một đặc trưng khi giá trị ưu tiên không cách đều giới hạn ở hai phía. Ký hiệu tương đương cho trường hợp giới hạn đối xứng về hai phía so với giá trị ưu tiên là $\pm$. Cách ký hiệu này cho phép so sánh trực tiếp kích cỡ hiệu năng của đặc trưng với các yêu cầu quy định về vị trí cũng như độ phân tán của nó.

CHÚ THÍCH 7: Điều kiện hiệu năng ít giới hạn nhất nhưng bao gồm:

- điều kiện kỹ thuật (lô đầu vào, người vận hành, công cụ, v.v…);
- quá trình đo (độ phân biệt, độ chính xác, độ lặp lại, độ tái lập, v.v…); và
- thu thập dữ liệu (khoảng thời gian, tần số).

CHÚ THÍCH 8: Lấy từ TCVN 8244-2:2010 (ISO 3534-2:2006), 2.6.1.

2.3.2

Thước đo hiệu năng quá trình (process performance measure)

Đại lượng mô tả một hoặc nhiều tính chất của **phân bố** (2.1.7) của đặc trưng sản phẩm trong điều kiện hiệu năng.

VÍ DỤ 1: Độ lệch chuẩn [TCVN 8244-1:2010 (ISO 3534-1:2006), 2.37] của **phân bố** (2.1.7) của đặc trưng sản phẩm trong điều kiện hiệu năng (xem 2.3.1, Chú thích 1 và Chú thích 7).

VÍ DỤ 2: Trung bình [TCVN 8244-1:2010 (ISO 3534-1:2006), 2.35.1] của **phân bố** (2.1.7) của đặc trưng sản phẩm trong điều kiện hiệu năng (xem 2.3.1, Chú thích 1 và Chú thích 7).

VÍ DỤ 3: **Khoảng quy chiếu** (2.1.11) của **phân bố** (2.1.7) của đặc trưng sản phẩm trong điều kiện hiệu năng (xem 2.3.1, Chú thích 1 và Chú thích 7).

2.3.3

Chỉ số hiệu năng quá trình (process performance index)

P_{p}

Chỉ số mô tả **hiệu năng quá trình** (2.3.1) theo **dung sai quy định** (2.1.5).

CHÚ THÍCH 1: Chỉ số hiệu năng quá trình, P_{p}, thường được biểu thị bằng giá trị của **dung sai quy định** (2.1.5) chia cho số đo độ dài của **khoảng quy chiếu** (2.1.11) đối với quá trình trong trạng thái kiểm soát thống kê, là:

$$P_{\mathrm{p}} = \frac{U - L}{X_{99{,}865\,\%} - X_{0{,}135\,\%}}$$

CHÚ THÍCH 2: Đối với **phân bố** (2.1.7) chuẩn, độ dài **khoảng quy chiếu** (2.1.11) bằng $6S_{\mathrm{t}}$, (xem 2.3.1, các chú thích).

CHÚ THÍCH 3: Đối với **phân bố** (2.1.7) không chuẩn, có thể ước lượng **khoảng quy chiếu** (2.1.11) trên, ví dụ, bằng cách sử dụng phương pháp giấy xác suất hoặc đường cong Pearson.

CHÚ THÍCH 4: Lấy từ TCVN 8244-2:2010 (ISO 3534-2:2006), 2.6.2.

2.3.4

Chỉ số hiệu năng trên của quá trình (upper process performance index)

P_{pkU}

Chỉ số mô tả **hiệu năng quá trình** (2.3.1) theo **giới hạn quy định** (2.1.4) trên, U

CHÚ THÍCH 1: Chỉ số hiệu năng trên của quá trình thường được biểu thị bằng hiệu số giữa **giới hạn quy định** (2.1.4) trên và phân vị 50%, $X_{50\,\%}$, chia cho số đo độ dài của **khoảng quy chiếu** (2.1.11) trên, là:

$$P_{pkU} = \frac{U - X_{50\,\%}}{X_{99{,}865\,\%} - X_{50\,\%}}$$

CHÚ THÍCH 2: Đối với **phân bố** (2.1.7) chuẩn, độ dài của **khoảng quy chiếu** (2.1.11) trên bằng $3S_t$ (xem 2.3.1, các chú thích) và $X_{50\,\%}$ thể hiện cả trung bình và trung vị.

CHÚ THÍCH 3: Đối với **phân bố** (2.1.7) không chuẩn, có thể ước lượng độ dài của **khoảng quy chiếu** (2.1.11) trên bằng cách sử dụng phương pháp giấy xác suất hoặc đường cong Pearson còn $X_{50\,\%}$ thể hiện trung vị.

CHÚ THÍCH 4: Lấy từ TCVN 8244-2:2010 (ISO 3534-2:2006), 2.6.4.

2.3.5

Chỉ số hiệu năng dưới của quá trình (lower process performance index)

P_{pkL}

Chỉ số mô tả **hiệu năng quá trình** (2.3.1) theo **giới hạn quy định** (2.1.4) dưới, L.

CHÚ THÍCH 1: Chỉ số hiệu năng dưới của quá trình thường được biểu thị bằng hiệu số giữa phân vị 50%, $X_{50\,\%}$, và **giới hạn quy định** (2.1.4) dưới chia cho số đo độ dài của **khoảng quy chiếu** (2.1.11) dưới, là:

$$P_{pkL} = \frac{X_{50\,\%} - L}{X_{50\,\%} - X_{0{,}135\,\%}}$$

CHÚ THÍCH 2: Đối với **phân bố** (2.1.7) chuẩn, độ dài của **khoảng quy chiếu** (2.1.11) dưới bằng $3S_t$ (xem 2.3.1, các chú thích) và $X_{50\,\%}$ thể hiện cả trung bình và trung vị.

CHÚ THÍCH 3: Đối với **phân bố** (2.1.7) không chuẩn, có thể ước lượng độ dài của **khoảng quy chiếu** (2.1.11) dưới, ví dụ, bằng cách sử dụng phương pháp giấy xác suất hoặc đường cong Pearson còn $X_{50\,\%}$ thể hiện trung vị.

CHÚ THÍCH 4: Lấy từ TCVN 8244-2:2010 (ISO 3534-2:2006), 2.5.3.

2.3.6

Chỉ số hiệu năng tối thiểu (minimum performance index)

P_{pk}

Giá trị nhỏ hơn của **chỉ số hiệu năng trên của quá trình** (2.3.4) và **chỉ số hiệu năng dưới của quá trình** (2.3.5).

[TCVN 8244-2:2010 (ISO 3534-2:2006), 2.6.5]

3 Ký hiệu và chữ viết tắt

3.1 Ký hiệu

α	phần hoặc tỷ lệ
β	tham số hình dạng của phân bố Weibull
β_2	hệ số độ nhọn
c	số không phù hợp trong mẫu cỡ n
$\bar{c}$	trung bình số không phù hợp trong mẫu cỡ n
c_4	hằng số dựa trên cỡ nhóm con, n (xem ISO 8258)
C_p	chỉ số năng lực quá trình
C_{pk}	chỉ số năng lực tối thiểu quá trình
C_{pkL}	chỉ số năng lực dưới của quá trình
C_{pkU}	chỉ số năng lực trên của quá trình
C_R	tỉ số năng lực quá trình (PCF)
d_2	hằng số dựa trên cỡ nhóm con, n (xem ISO 8258)
e	hằng số toán học
Φ	hàm phân bố của phân bố chuẩn chuẩn hóa
γ	tham số vị trí trong phân bố Weibull
γ_1	hệ số bất đối xứng
m	số nhóm con
K_l, K_u	hệ số nhân dùng để ước lượng giới hạn tin cậy cho chỉ số năng lực quá trình
L	giới hạn quy định dưới
$P_{0,135\,\%}$	phân vị dưới 0,135 % dùng cho hệ đường cong Pearson
μ	vị trí của quá trình; giá trị trung bình tổng thể
N	cỡ mẫu tổng
n	số giá trị hoặc cỡ nhóm con (đối với biểu đồ kiểm soát)
np	số không phù hợp trong mẫu cỡ n

$n\,\overline{p}$	trung bình số không phù hợp trong mẫu cỡ n
$P_{\alpha\,\%}$	phân vị phần trăm α
p	tỷ lệ cá thể không phù hợp trong mẫu
$\overline{p}$	trung bình tỷ lệ cá thể không phù hợp trong mẫu
P_L	tỷ lệ không phù hợp dưới
P_{p}	chỉ số hiệu năng quá trình
P_{pk}	chỉ số hiệu năng tối thiểu quá trình
$P_{\mathrm{pk}L}$	chỉ số hiệu năng dưới của quá trình
$P_{\mathrm{pk}U}$	chỉ số hiệu năng trên của quá trình
P_{t}	tỷ lệ không phù hợp toàn phần
P_U	tỷ lệ không phù hợp trên
$P_{99{,}865\,\%}$	phân vị trên 99,865 % dùng cho hệ đường cong Pearson
π	hằng số hình học
Q_{k}	chỉ số biến động quá trình
θ	tham số yêu cầu cho phân bố Rayleigh
$\overline{R}$	trung bình độ rộng nhóm con
S	độ lệch chuẩn, thống kê mẫu
S_{t}	độ lệch chuẩn, với chỉ số dưới 't' chỉ thị toàn phần
$\overline{S}$	trung bình độ lệch chuẩn mẫu
S_j	độ lệch chuẩn mẫu quan trắc của nhóm con thứ j
σ	độ lệch chuẩn, tổng thể
$\hat{\sigma}_t$	độ lệch chuẩn ước lượng, tổng
T	giá trị đích
U	giới hạn quy định trên
u	số không phù hợp trên cá thể trong nhóm con
$\overline{u}$	trung bình số không phù hợp trên cá thể trong nhóm con
$X_{\alpha\,\%}$	phân vị α %

X_i giá trị thứ i trong mẫu

$\overline{X}$ giá trị trung bình cộng, mẫu

$\overline{\overline{X}}$ trung bình cộng, của số trung bình cộng mẫu

ξ tham số thang đo trong phân bố Weibull

Y_1, Y_2 giá trị đọc từ biểu đồ

z_α phân vị của phân bố chuẩn chuẩn hóa từ $-\infty$ đến α

3.2 Chữ viết tắt

FRC năng lực loạt đầu tiên

MSE sai số bình phương trung bình

NHU số không phù hợp trên một trăm đơn vị

NMU số không phù hợp trên một triệu đơn vị

PCF tỷ lệ năng lực quá trình

PCI chỉ số năng lực quá trình

4 Thước đo thống kê sử dụng trong năng lực và hiệu năng quá trình

4.1 Khái quát

Các thước đo đề cập trong 4.2 đến 4.6 dưới đây chỉ nói đến dữ liệu đo được. Chúng không thích hợp cho dữ liệu đếm hoặc định tính và thông tin liên quan đến trình bày thước đo cho dữ liệu như vậy sẽ được đề cập trong 4.7.

4.2 Thước đo vị trí

Thước đo vị trí được sử dụng phổ biến nhất là trung bình, μ, mặc dù trung vị mẫu, $X_{50\,\%}$, đôi khi cũng được sử dụng. Với các phép đo quá trình phân bố không chuẩn, thường dùng trung vị làm thước đo.

4.3 Thước đo độ phân tán

4.3.1 Độ biến động vốn có

Thước đo ưu tiên để định lượng độ biến động vốn có của quá trình [TCVN 8244-2:2010 (ISO 3534-2:2006), 2.2.2] là độ lệch chuẩn, σ. Giá trị này thường được ước lượng từ giá trị độ rộng trung bình, $\overline{R}$, lấy từ biểu đồ độ rộng (R) khi quá trình ổn định và trong trạng thái kiểm soát thống kê như chỉ ra ở 5.1. Các phương pháp sử dụng để ước lượng độ lệch chuẩn quá trình được cho trong Phụ lục A.

4.3.2 Độ biến động tổng thể

Cần phân biệt giữa độ lệch chuẩn đo độ biến động ngắn hạn với giá trị đo độ biến động dài hạn. Các phương pháp tính độ lệch chuẩn thể hiện các biến động này được cho trong Phụ lục A.

Thông thường, khi dữ liệu được thu thập trong khoảng thời gian dài, độ lệch chuẩn sẽ lớn hơn do ảnh hưởng của các dao động trong quá trình. Khi độ lệch chuẩn này được tính, ký hiệu $\hat{\sigma}_t$ sẽ được sử dụng trong tiêu chuẩn này.

4.4 Sai số bình phương trung bình (MSE)

Một số người thực hành sử dụng sai số bình phương trung bình làm thước đo ưu tiên trong việc giảm thiểu độ biến động. Nó tương thích với phương pháp sử dụng trong kỹ thuật chất lượng không trực tuyến.

4.5 Giới hạn quy chiếu

Giới hạn quy chiếu dưới và trên được xác định tương ứng là phân vị 0,135 % và 99,865 % của phân bố mô tả đầu ra của đặc trưng quá trình. Chúng được viết là $X_{0,135\,\%}$ và $X_{99,865\,\%}$.

4.6 Khoảng quy chiếu, còn gọi là độ trải quá trình

Khoảng quy chiếu là khoảng giữa giới hạn quy chiếu trên và dưới. Khoảng quy chiếu gồm 99,73 % cá thể trong tổng thể từ quá trình ở trạng thái kiểm soát thống kê.

4.7 Định tính

Phép đo chất lượng định tính là việc ghi nhận sự có (hay không có) một đặc trưng hoặc thuộc tính nào đó trong từng cá thể thuộc nhóm con đang xét. Số đếm được hình thành từ số lượng cá thể có (không có) thuộc tính chất lượng này hoặc có bao nhiêu sự kiện như vậy xuất hiện trong cá thể, nhóm cá thể hoặc đơn vị diện tích.

Khi dữ liệu là định tính, thống kê thông thường sẽ là số cá thể không phù hợp (np) hoặc số sự không phù hợp (c) tìm được. Đôi khi, sẽ cần tính tỷ lệ không phù hợp (p) hoặc số không phù hợp trên một cá thể (u) tùy theo chiến lược lấy mẫu sử dụng.

5 Năng lực

5.1 Khái quát

Năng lực quá trình là thước đo độ biến động vốn có của quá trình. Độ biến động luôn có trong quá trình nhưng khi hoạt động ở trạng thái kiểm soát thống kê thì được gọi là độ biến động vốn có của quá trình. Nó thể hiện độ biến động còn lại sau khi đã loại bỏ tất cả các *nguyên nhân ấn định* có thể

loại bỏ. Nếu quá trình được theo dõi bằng biểu đồ kiểm soát, biểu đồ kiểm soát sẽ thể hiện trạng thái *được kiểm soát*.

Năng lực thường được coi là liên quan đến tỷ lệ đầu ra sẽ xuất hiện trong phạm vi dung sai quy định của sản phẩm. Vì quá trình ở trạng thái kiểm soát thống kê có thể được mô tả bằng phân bố dự đoán được nên có thể ước lượng tỷ lệ đầu ra nằm ngoài quy định. Với điều kiện quá trình duy trì ở trạng thái kiểm soát thống kê, nó sẽ tiếp tục tạo ra cùng một tỷ lệ nằm ngoài quy định.

Nhà quản lý hành động để giảm độ biến động do *nguyên nhân ngẫu nhiên* cần cải thiện năng lực của quá trình nhằm đáp ứng các yêu cầu quy định một cách nhất quán.

Nói ngắn gọn, cần thực hiện những điều sau:

a) xác định quá trình và điều kiện vận hành của nó. Nếu có thay đổi so với các điều kiện này thì cần có một nghiên cứu về quá trình mới;

b) đánh giá độ biến động đo lường ngắn hạn và dài hạn theo phần trăm độ biến động tổng thể và giảm thiểu chúng;

c) duy trì tính ổn định của quá trình và duy trì trạng thái kiểm soát thống kê của nó;

d) ước lượng độ biến động vốn có còn lại; và

e) chọn thước đo năng lực phù hợp.

Dưới đây là các điều kiện áp dụng cho năng lực:

- tất cả các điều kiện kỹ thuật, ví dụ nhiệt độ và độ ẩm, phải được nêu rõ;
- độ không đảm bảo của hệ thống đo phải được quy định;
- các khía cạnh nhiều yếu tố, nhiều mức của quá trình cần được cho phép;
- khoảng thời gian thu thập dữ liệu phải được ghi lại;
- tần số lấy mẫu phải được quy định và ngày, giờ bắt đầu và kết thúc việc thu thập dữ liệu;
- quá trình phải được kiểm soát bằng biểu đồ kiểm soát; và
- quá trình phải ở trạng thái kiểm soát thống kê.

Cần kiểm tra biểu đồ kiểm soát từ đó dữ liệu được lấy cho kiểm soát thống kê và kiểm tra biểu đồ dữ liệu theo giới hạn quy định bất kỳ áp dụng cho nó. Kiểm nghiệm hiệu lực đối với tính chuẩn cần được sử dụng trong việc đánh giá dữ liệu, ví dụ như kiểm nghiệm Anderson-Darling [8]. Kiểm nghiệm này có hiệu lực trong việc phát hiện độ lệch so với tính chuẩn ở đuôi của phân bố và được gợi ý ở đây vì đó là khu vực quan tâm đối với chỉ số năng lực và hiệu năng. Ngoài ra, có thể sử dụng giấy xác suất chuẩn để tìm:

1) kiểm tra xác nhận tính chuẩn;

2) giá trị bất thường;

3) dữ liệu nằm ngoài giới hạn quy định bất kỳ;

4) dữ liệu có nằm hoàn toàn trong giới hạn quy định hay không;

5) bằng chứng về bất đối xứng (nghĩa là độ bất đối xứng);

6) bằng chứng về "đuôi dài" trong dữ liệu (nghĩa là độ nhọn);

7) phân bố lệch tâm; và

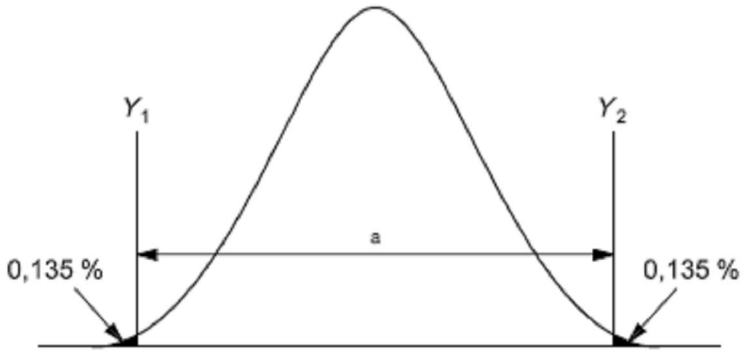
8) đặc trưng bất thường bất kỳ.

Cần giải thích về những bất thường trong mối quan hệ với các đặc trưng đề cập ở trên và thực hiện hành động thích hợp đối với dữ liệu trước khi tính toán thước đo bất kỳ. Sẽ không thích hợp nếu chỉ việc loại bỏ dữ liệu thể hiện không phù hợp với dạng dự kiến. Những sai lệch như vậy có thể bộc lộ nhiều về biểu hiện của quá trình và cần được nghiên cứu kỹ.

5.2 Năng lực quá trình

5.2.1 Phân bố chuẩn

Năng lực quá trình được định nghĩa là thước đo thống kê độ biến động vốn có của quá trình đối với một đặc trưng cho trước. Phương pháp truyền thống là lấy khoảng quy chiếu mô tả 99,73 % giá trị đơn lẻ từ quá trình nằm trong trạng thái kiểm soát thống kê với 0,135 % còn lại về mỗi phía. Điều này áp dụng ngay cả khi tổng thể các giá trị riêng lẻ không có phân bố chuẩn. Đối với phân bố chuẩn, khoảng quá trình này được đại diện bởi sáu độ lệch chuẩn. Xem Hình 1.



CHÚ DẪN

[a] Khoảng quy chiếu 99,73 %.

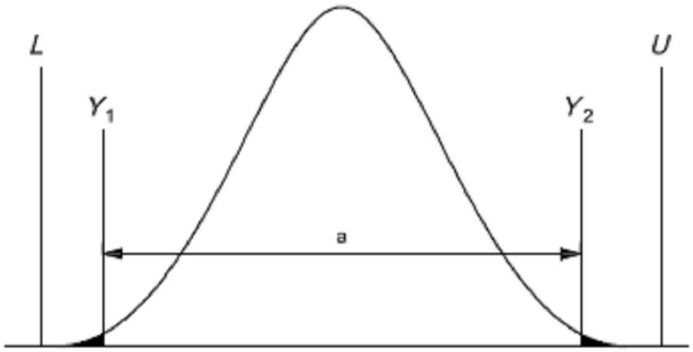
Hình 1

Đôi khi, năng lực quá trình được tính đến đối với các nguồn biến động khác như quá trình nhiều dòng, ví dụ, đầu ra từ quá trình ép đúc phun nhiều ngăn. Trong những trường hợp này, phân bố các giá trị có thể vẫn xấp xỉ chuẩn nhưng có thêm độ biến động để độ lệch chuẩn phải thể hiện độ biến động toàn phần, σ_t. Điều quan trọng là nêu rõ cách tính toán độ lệch chuẩn cũng như chiến lược lấy

mẫu được sử dụng, cỡ mẫu, chất lượng và độ biến động của đầu ra sản xuất giữa các mẫu vì điều này sẽ ảnh hưởng đến hiệu lực của việc đánh giá năng lực thực tế.

Dữ liệu sẽ thường được lấy từ biểu đồ kiểm soát. Nếu biểu đồ kiểm soát có đường kiểm soát nới lỏng hoặc thay đổi thì độ lệch chuẩn quá trình thực sẽ lớn hơn so với ước lượng từ dữ liệu lấy từ biểu đồ kiểm soát có đường kiểm soát tiêu chuẩn. Các vấn đề như vậy và những vấn đề nêu trước đó sẽ ảnh hưởng đến khoảng quy chiếu và điều quan trọng là chúng được nêu rõ trong bất kỳ đánh giá năng lực nào.

Quá trình có "năng lực" sẽ là những quá trình có khoảng quy chiếu nhỏ hơn dung sai quy định một lượng nhất định. Ví dụ về điều này được thể hiện trên Hình 2.



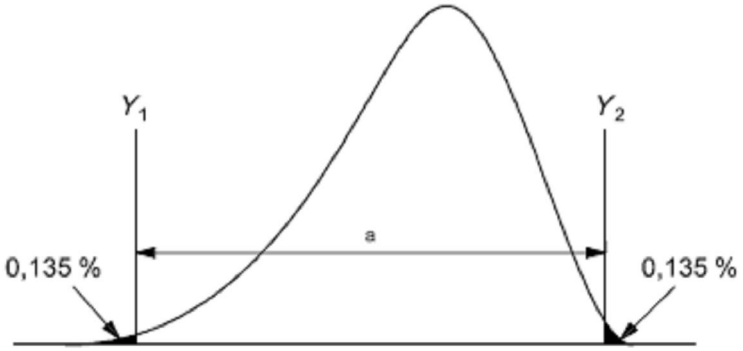
CHÚ DẪN

[a] Khoảng quy chiếu 99,73 %.

Hình 2

5.2.2 Phân bố không chuẩn

Nếu phân bố các giá trị riêng lẻ không tạo thành phân bố chuẩn mà đối xứng lệch thì khoảng quy chiếu có thể có dạng như trên Hình 3. Giá trị Y_1 và Y_2, thường là các phân vị 0,135 % và 99,865 %, có thể ước lượng bằng cách sử dụng giấy xác suất phù hợp (xem Hình 4 về ví dụ sử dụng giấy xác suất phân bố cực trị) hoặc bằng cách sử dụng phần mềm máy tính phù hợp (xem Phụ lục E). Chúng cũng có thể được tính bằng các giá trị được lập bảng (xem Phụ lục B) hoặc sử dụng hàm xác suất cụ thể như gợi ý trong Phụ lục C.



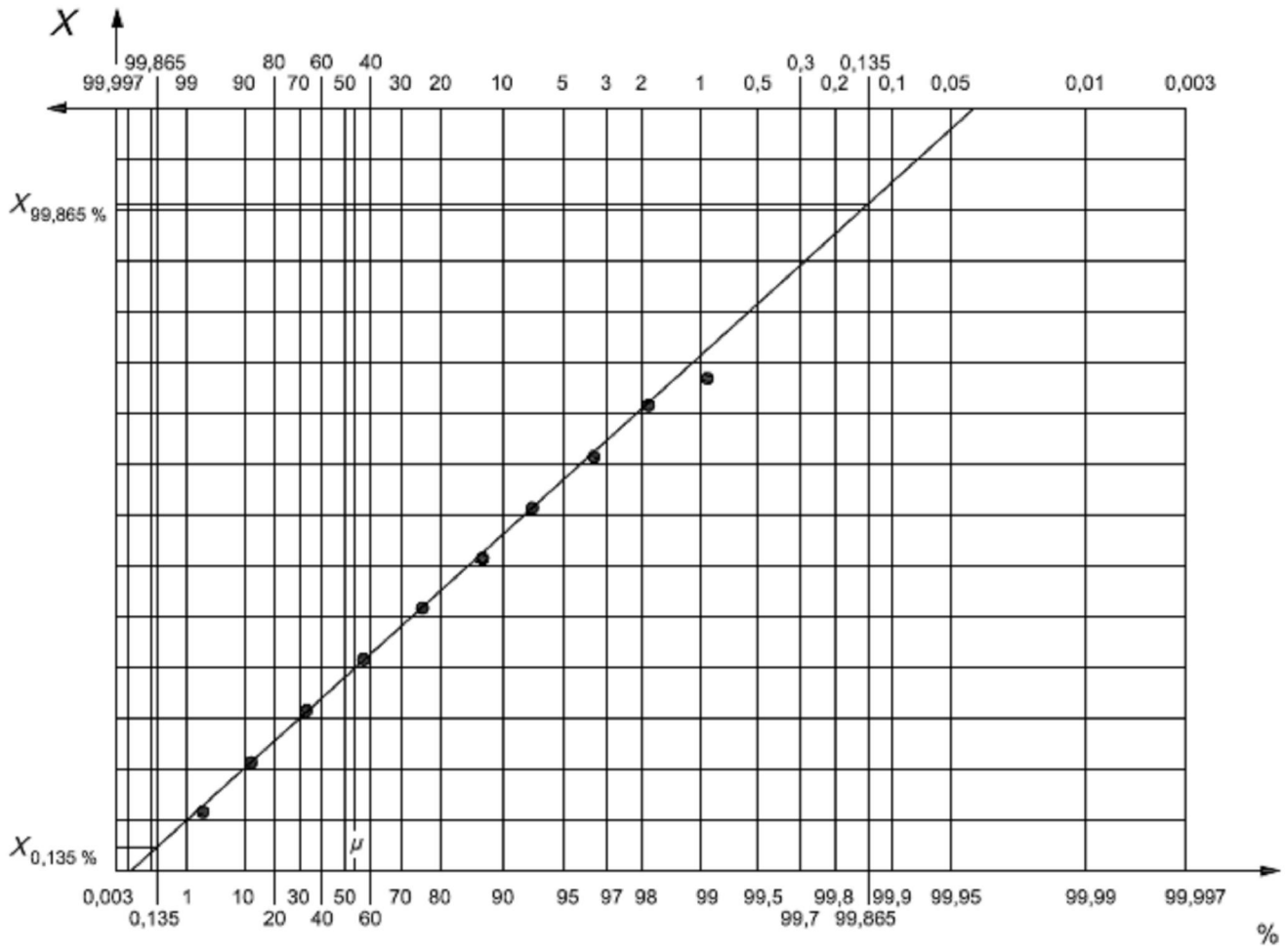
CHÚ DẪN

[a] Khoảng quy chiếu 99,73 %.

Hình 3

5.3 Vị trí quá trình

Ngay cả khi quá trình được coi là có năng lực theo định nghĩa nêu trên (5.2.1), nếu phân bố quá trình định tâm kém so với giới hạn quy định thì vẫn có thể tạo ra các cá thể nằm ngoài quy định. Vì lý do này, cần đánh giá vị trí cùng với khoảng quá trình.



CHÚ DẪN

———— đường khớp nhất

• phần trăm tích lũy

Hình 4

5.4 Chỉ số năng lực quá trình đối với dữ liệu đo được

5.4.1 Khái quát

Cần lưu ý là khi chỉ số năng lực cho trong tiêu chuẩn này được tính toán, đó chỉ là các ước lượng điểm cho giá trị thực của chúng. Vì vậy, khuyến nghị bất cứ khi nào có thể, cần tính và báo cáo khoảng tin cậy của các chỉ số. Phương pháp tính toán được mô tả trong Phụ lục D.

Sẽ hiệu quả khi biểu thị năng lực quá trình bằng cách sử dụng số chỉ số. Có nhiều chỉ số được đưa ra. Phải thận trọng khi xử lý các phân bố không chuẩn.

Chỉ số năng lực quá trình thường được sử dụng là tỷ số giữa dung sai quy định với khoảng quy chiếu và được ký hiệu là C_p. Do đó:

$$C_p = \frac{U - L}{X_{99,865\,\%} - X_{0,135\,\%}} \quad (1)$$

trong đó

L là giới hạn quy định dưới;

U là giới hạn quy định trên.

Có các chỉ số khác kết hợp vị trí với độ biến động; trong đó, chỉ số được sử dụng rộng rãi nhất là C_{pk}. Nếu chỉ số này nhỏ hơn giá trị đã cho thì quá trình được coi là vượt quá tỷ lệ cá thể nằm ngoài quy định.

Chỉ số C_{pk} là tỷ số của hiệu giữa giới hạn dung sai quy định và vị trí quá trình với hiệu giữa giới hạn quá trình tự nhiên tương ứng và vị trí quá trình.

$$C_{pkU} = \frac{U - X_{50\,\%}}{X_{99,865\,\%} - X_{50\,\%}} \quad (2)$$

và

$$C_{pkL} = \frac{X_{50\,\%} - L}{X_{50\,\%} - X_{0,135\,\%}}$$

trong đó

L là giới hạn quy định dưới;

U là giới hạn quy định trên;

$X_{50\,\%}$ là giá trị trung vị.

Trong đó chỉ số C_{pk} được báo cáo là giá trị nhỏ hơn trong hai giá trị này.

Một số người thực hành báo cáo cả hai giá trị nêu trên, chúng còn được gọi tương ứng là CPU và CPL. Điều này cung cấp thông tin về cả hai phía của quá trình.

Các chỉ số này sẽ cung cấp thông tin về việc quá trình định tâm kém hay không cũng như việc nó có khả năng tạo ra các cá thể nằm ngoài quy định hay không. Ngay cả khi chỉ số C_p cao thì giá trị chỉ số C_{pk} thấp sẽ thể hiện quá trình định tâm kém và xác suất cao trong việc tạo ra các cá thể nằm ngoài quy định.

5.4.2 Chỉ số C_p (phân bố chuẩn)

Nếu các giá trị riêng lẻ hình thành phân bố chuẩn thì độ dài khoảng quy chiếu bằng 6σ, trong đó σ là độ lệch chuẩn vốn có của quá trình. Vì vậy, chỉ số C_p có thể được biểu thị là:

$$C_p = \frac{U - L}{6\sigma}$$

Ước lượng $(\hat{\sigma})$ độ lệch chuẩn vốn có của quá trình (σ) được yêu cầu để thu được ước lượng của chỉ số C_p. Khi có được giá trị này, thường cùng với dữ liệu từ biểu đồ kiểm soát khi quá trình chứng tỏ sự ổn định thống kê (xem 5.1), chỉ số được ước lượng:

$$\hat{C}_p = \frac{U - L}{6\hat{\sigma}}$$

5.4.3 Chỉ số C_{pk} (phân bố chuẩn)

Khi phân bố của các giá trị riêng lẻ hình thành phân bố chuẩn, trung vị $X_{50\ \%}$ bằng trung bình (μ). Ngoài ra, $X_{99,865\ \%} - X_{50\ \%}$ và $X_{50\ \%} - X_{0,135\ \%}$ đều bằng 3σ. Vì vậy, chỉ số C_{pk} có thể được biểu thị là giá trị tối thiểu của:

$$C_{pkU} = \frac{U - \mu}{3\sigma}$$

hoặc

$$C_{pkL} = \frac{\mu - L}{3\sigma}$$

C_{pk} có thể được ước lượng bằng giá trị tối thiểu của:

$$\hat{C}_{pkU} = \frac{U - \bar{\bar{X}}}{3\hat{\sigma}}$$

hoặc

$$\hat{C}_{pkL} = \frac{\bar{\bar{X}} - L}{3\hat{\sigma}}$$

Khi tính toán chỉ số năng lực, phải tính đến thước đo độ biến động quá trình sử dụng ở mẫu số. Ở đây, σ được cho để thể hiện độ biến động khi dữ liệu thu được từ quá trình ở trạng thái kiểm soát thống kê.

Dữ liệu có thể thu được từ quá trình nhiều dòng như máy nhiều đầu cấp liệu hoặc máy đa trục trong đó đầu ra tổng thể được xử lý cùng nhau, và dữ liệu từ tất cả các dòng được xem xét đồng thời. Chỉ số này càng nhỏ thì tỷ lệ cá thể sản xuất nằm ngoài quy định càng cao.

5.5 Chỉ số năng lực quá trình đối với dữ liệu đo được (không chuẩn)

5.5.1 Khái quát

Nếu phân bố của các cá thể riêng lẻ không phải là phân bố chuẩn thì vẫn áp dụng biểu thức (1) và (2) nhưng việc ước lượng các chỉ số trở nên phức tạp hơn. Có ba cách ước lượng giới hạn quy chiếu được nêu ở đây.

Phương pháp giấy xác suất nêu trong 5.5.2 khá đơn giản và đòi hỏi ít tính toán nhưng hơi thô. Cách tiếp cận nêu ở 5.5.4 liên quan đến nhiều tính toán nhưng ưu việt hơn các phương pháp khác về độ chính xác.

5.5.2 Phương pháp giấy xác suất

Từ biểu đồ tương tự như thể hiện trên Hình 4, có thể thu được ước lượng của các phân vị $X_{0,135\,\%}$ và $X_{99,865\,\%}$. Các ước lượng được ký hiệu tương ứng là Y_1 và Y_2, phương trình (1) trở thành:

$$\hat{C}_{\mathrm{p}} = \frac{U - L}{Y_1 - Y_2}$$

Theo cách tương tự, công thức tính C_{pk} trở thành:

$$\hat{C}_{\mathrm{pk}U} = \frac{U - X_{50\%}}{Y_2 - X_{50\%}}$$

hoặc

$$\hat{C}_{\mathrm{pk}L} = \frac{X_{50\%} - L}{X_{50\%} - Y_1}$$

chọn biểu thức nào cho giá trị thấp hơn. Nếu chỉ số này nhỏ hơn giá trị đã cho thì quá trình được coi là vượt quá tỷ lệ cá thể nằm ngoài quy định. Tỷ lệ không phù hợp phụ thuộc vào phân bố và giá trị của chỉ số. Liên kết giữa chỉ số và tỷ lệ cá thể không phù hợp tạo ra phụ thuộc vào lớp phân bố. Cần cẩn trọng để không giải thích các chỉ số trên cơ sở các điểm ngưỡng được rút ra cho phân bố chuẩn và do đó chỉ áp dụng được cho phân bố đó.

Chú ý là phương pháp giấy xác suất ước lượng trực tiếp các phân vị cực trị và có thể không chính xác.

5.5.3 Phương pháp đường cong Pearson

Có thể sử dụng đường Pearson chuẩn hóa như một lựa chọn thay thế cho giấy xác suất. Phương pháp này được mô tả bằng ví dụ (xem Phụ lục B). Chỉ số được tính toán theo công thức:

$$\hat{C}_{\mathrm{p}} = \frac{U - L}{\hat{X}_{99{,}865\,\%} - \hat{X}_{0{,}135\,\%}}$$

trong đó, $\hat{X}_{0{,}135\,\%}$ và $\hat{X}_{99{,}865\,\%}$ là phân vị 0,135 % và 99,865 % ước lượng từ đường Pearson chuẩn hóa.

Ta cũng có công thức:

$$\hat{C}_{\mathrm{pk}U} = \frac{U - \hat{X}_{50\,\%}}{\hat{X}_{99{,}865\,\%} - \hat{X}_{50\,\%}}$$

hoặc

$$\hat{C}_{\mathrm{pk}L} = \frac{\hat{X}_{50\,\%} - L}{\hat{X}_{50\,\%} - \hat{X}_{0{,}135\,\%}}$$

trong đó, $\hat{X}_{50\,\%}$ là ước lượng trung vị.

Để sử dụng phương pháp này, cần thiết lập giá trị bất đối xứng và độ nhọn cùng với trung bình và độ lệch chuẩn cho tập dữ liệu dùng để tính toán chỉ số.

Phương pháp này không được ưa dùng nhưng được trình bày ở đây cho hoàn chỉnh vì đôi khi cũng được sử dụng.

Cách tiếp cận này, và loại tương tự dựa trên đường Johnson, cần được xem xét cẩn trọng, đặc biệt khi qui trình nằm trong chương trình máy tính "hộp đen" dùng để phân tích các tập dữ liệu lớn. Có thể có một số khó khăn như:

– trong hệ phân bố, một số phân bố sẽ khó làm khớp hơn so với các phân bố khác. Phương pháp mômen có thể đưa ra các tham số đường cong không ổn định hoặc không hiệu quả trong một số trường hợp;

– nếu kỹ thuật ước lượng được áp dụng không chuyên nghiệp thì có thể thu được đường cong khớp không có ý nghĩa trong phạm vi dữ liệu nhất định. Ví dụ, với phương pháp mômen, lỗi dễ mắc phải là làm khớp phân bố Pearson Loại III có ngưỡng ước lượng nhỏ hơn biên dưới đối với đầu ra quá trình, từ đó làm mất hiệu lực các ước lượng của $X_{0{,}135\,\%}$ và C_{pk};

– phương pháp mômen không mang lại ước lượng độ biến động của chỉ số ước lượng. Tương tự, phương pháp này không đưa ra khoảng tin cậy cho các chỉ số;

– không phải mọi phân bố dữ liệu đều có thể mô tả thích hợp bằng đường Pearson hoặc Johnson;

– kiểm nghiệm tính phù hợp chỉ giới hạn ở kiểm nghiệm khi bình phương vì thường không có sẵn các kiểm nghiệm có hiệu lực hơn cho hệ Pearson và Johnson;

– cách tiếp cận "hộp đen" có xu hướng thay thế các thực hành cơ bản, như vẽ đồ thị dữ liệu và áp dụng các phép biến đổi chuẩn hóa đơn giản, cung cấp hiểu biết xác thực về quá trình.

5.5.4 Phương pháp xác định phân bố

Phụ lục C mô tả các họ hàm phân bố (như phân bố loga chuẩn, Rayleigh và Weibull) phổ biến khi nghiên cứu về năng lực quá trình. Phương pháp này trước hết để xác định họ phân bố thích hợp, thứ hai là ước lượng tham số của phân bố thuộc họ có thể giải thích tốt nhất dữ liệu bằng phương pháp ước lượng hiệu quả nhất định và cuối cùng là biểu thị các đại lượng dưới dạng tham số của phân bố đó.

Điều này tương tự như quy trình được chọn trong trường hợp phân bố chuẩn, trong đó σ được ước lượng và 6σ được đại diện bởi ($X_{99,865\ \%} - X_{0,135\ \%}$).

Các loại giấy xác suất khác nhau có thể hữu ích cho việc xác định họ phân bố thích hợp.

5.6 Phương pháp thay thế để mô tả và tính toán ước lượng năng lực quá trình

Cơ sở của phương pháp này là các định nghĩa được sử dụng rộng rãi về C_p và C_{pk} cho "quá trình lý tưởng" với đặc trưng phân bố chuẩn X, trong đó kỳ vọng μ và phương sai σ^2 không đổi theo thời gian và các ước lượng tương ứng là $\overline{\overline{X}}$ và S^2.

Bảng 1 − Chỉ số và ước lượng năng lực quá trình (phân bố chuẩn)

Chỉ số	Ước lượng
$C_p = \frac{U-L}{6\sigma}$ $C_{pkU} = \frac{U-\mu}{3\sigma}$ $C_{pkL} = \frac{\mu-L}{3\sigma}$ $C_{pk} = \min(C_{pkL}, C_{pkU})$	$\hat{C}_p = \frac{U-L}{6S}$ $\hat{C}_{pkU} = \frac{U-\overline{\overline{X}}}{3S}$ $\hat{C}_{pkL} = \frac{\overline{\overline{X}}-L}{3S}$ $\hat{C}_{pk} = \min(\hat{C}_{pkL}, \hat{C}_{pkU})$

"Quá trình lý tưởng" này hàm ý là độ lệch chuẩn dài hạn bằng độ lệch chuẩn ngắn hạn.

Khi các thước đo năng lực quá trình này được mở rộng cho các đặc trưng không có phân bố chuẩn, cần bắt đầu từ quan niệm rằng các thước đo này có nghĩa như các công cụ quản lý, chúng biểu thị và phản ánh sự phù hợp của các giá trị thực của đặc trưng với giới hạn quy định tương ứng của nó. Vì vậy, các thước đo này phải được kết hợp với tỷ lệ giá trị thực phù hợp hoặc không phù hợp. Cụ thể,

cùng một tỷ lệ phù hợp hoặc không phù hợp phải mang lại cùng giá trị năng lực hoặc hiệu năng độc lập với hình dạng phân bố giá trị thực của đặc trưng.

Công thức dưới đây tương đương với các công thức trong Bảng 1:

Bảng 2 − Chỉ số và ước lượng năng lực quá trình (phân bố chuẩn) − Công thức tương đương

Chỉ số	Ước lượng
$C_{\mathrm{p}} = \frac{C_{\mathrm{pk}U} + C_{\mathrm{pk}L}}{2}$ $C_{\mathrm{pk}U} = \frac{z_{1-p_U}}{3}$ $C_{\mathrm{pk}L} = \frac{z_{1-p_L}}{3}$	$\hat{C}_{\mathrm{p}} = \frac{\hat{C}_{\mathrm{pk}U} + \hat{C}_{\mathrm{pk}L}}{2}$ $\hat{C}_{\mathrm{pk}U} = \frac{z_{1-\hat{p}_U}}{3}$ $\hat{C}_{\mathrm{pk}L} = \frac{z_{1-\hat{p}_L}}{3}$

trong đó p_U và p_L là tỷ lệ không phù hợp ở giới hạn quy định trên và dưới, còn $\hat{p}_U$, $\hat{p}_L$ là các ước lượng tương ứng. Công thức trong bảng trên có thể áp dụng cho mọi phân bố.

Giả định rằng người sử dụng có hiểu biết về hình dạng phân bố do những điều được biết về quá trình sản xuất hoặc nhờ đánh giá nhất định về mẫu bằng giấy xác suất thích hợp.

Đối với những phân bố được quan trắc thường xuyên (chuẩn, loga chuẩn, Rayleigh và Weibull), các quan hệ và công thức cần thiết được cho trong Phụ lục C.

5.7 Chỉ số năng lực khác đối với dữ liệu đo được trong các trường hợp đặc biệt khác

5.7.1 Tỷ số năng lực quá trình (PCF)

PCF là nghịch đảo của chỉ số C_{p}:

$$\frac{6\sigma}{U - L} = \frac{1}{C_{\mathrm{p}}}$$

Tỷ số này có thể được biểu thị bằng giá trị phần trăm và thường được gọi là C_{R} (%).

5.7.2 Chỉ số khi giới hạn quy định một phía hoặc không cho trước giới hạn quy định

5.7.2.1 Khái quát

Đôi khi, giới hạn quy định được cho chỉ có một giới hạn, ví dụ như giá trị lớn nhất. Trong trường hợp này, chỉ có thể tính chỉ số C_{pk} hoặc P_{pk}.

Cũng sẽ có tình huống giới hạn quy định không được cho trước hoặc không biết. Tuy nhiên, nếu giá trị đích hoặc danh nghĩa được cho đối với đặc trưng sản phẩm hoặc tham số quá trình thì các thước

đo dưới đây có thể thích hợp. Chúng có giá trị đặc biệt với những người tham gia vào việc giảm thiểu độ biến động quá trình quanh giá trị đích.

5.7.2.2 Sai số bình phương trung bình (MSE)

Sai số bình phương trung bình cung cấp thước đo liên quan đến cả vị trí và độ biến động. Nó được tính như sau:

$$\sigma^2 + (\mu - T)^2$$

trong đó

σ là độ lệch chuẩn của quá trình;

μ là giá trị trung bình đạt được của quá trình;

T là giá trị đích cho trước của quá trình.

Khi rút ra thước đo này từ dữ liệu, cần cung cấp ước lượng độ lệch chuẩn quá trình và μ bằng cách sử dụng dữ liệu mẫu từ biểu đồ kiểm soát.

5.7.2.3 Chỉ số Q_k

Chỉ số này sử dụng sai số bình phương trung bình nêu trong 5.7.2.2 nhưng biểu thị toàn bộ giá trị như hệ số của độ biến động và được tính như sau:

$$Q_k = \frac{100\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}}{T} \ (\%)$$

với $T \neq 0$.

Một tính chất của chỉ số này là nếu quá trình trôi khỏi đích của nó thì chỉ số sẽ tăng giá trị và nếu độ biến động quá trình tăng thì cũng làm tăng giá trị của chỉ số. Chỉ số này càng nhỏ thì quá trình càng được coi là vận hành tốt.

5.8 Đánh giá tỷ lệ nằm ngoài quy định (phân bố chuẩn)

Tỷ lệ cá thể nằm ngoài quy định (p_U và p_L) nằm dưới L và trên U có thể ước lượng bằng cách sử dụng các tính chất của phân bố chuẩn chuẩn hóa. Độ lệch chuẩn hóa có thể được tính như sau:

$$z_{\hat{p}U} = 3\hat{C}_{\mathrm{pk}U}$$

và

$$z_{\hat{p}L} = 3\hat{C}_{\mathrm{pk}L}$$

$\hat{p}_U$ và $\hat{p}_L$ tìm được là tỷ lệ vượt quá z_{pU} và z_{pL} tương ứng trong phân bố chuẩn chuẩn hóa.

Ngoài ra, hiệu suất quá trình có thể được tính là 100 % trừ đi tổng phần trăm không phù hợp, trong trường hợp quá trình được kiểm soát.

Nếu đặc trưng, được kiểm soát thống kê và ổn định, có C_{pkU} là 0,86 và C_{pkL} là 0,91 thì tỷ lệ nằm ngoài quy định có thể được xác định bằng cách sử dụng phương pháp nêu trên như dưới đây.

a) Tính độ lệch chuẩn hóa "dưới":

$$z_{\hat{p}L} = 3\hat{C}_{pkL}$$

= 3 x 0,91

= 2,73

b) Tính độ lệch chuẩn hóa "trên":

$$z_{\hat{p}U} = 3\hat{C}_{pkU}$$

= 3 x 0,86

= 2,58

c) Sử dụng bảng chuẩn chuẩn hóa, tra giá trị $\hat{p}_U$ và $\hat{p}_L$ đối với tỷ lệ phân bố nằm ngoài giới hạn quy định U và L, z_{pU} và z_{pL} tương ứng.

Để thuận tiện và dễ sử dụng, Bảng 3 đưa ra giá trị tra cứu cho tỷ lệ nằm ngoài quy định ước lượng. Bảng 3 được xác định theo C_{pkU} hoặc C_{pkL}, chỉ số năng lực quá trình (PCI). Không nên sử dụng Bảng 3 để rút ra giá trị C_p hay C_{pk} cho dữ liệu định tính.

Sử dụng ví dụ ở trên với C_{pkU} là 0,86 và C_{pkL} là 0,91, có thể đọc trực tiếp trên Bảng 3 tỷ lệ nằm ngoài giới hạn quy định U và L là 0,004 9 và 0,003 2.

Bảng 3 − C_{pkU} hoặc C_{pkL} (PCI trong bảng) và tỷ lệ phân bố chuẩn còn lại trong đuôi của phân bố nằm ngoài giới hạn quy định

PCI	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
1,6	$7,9 \times 10^{-07}$	$6,8 \times 10^{-07}$	$5,9 \times 10^{-07}$	$5,0 \times 10^{-07}$	$4,3 \times 10^{-07}$	$3,7 \times 10^{-07}$	$3,2 \times 10^{-07}$	$2,7 \times 10^{-07}$	$2,3 \times 10^{-07}$	$2,0 \times 10^{-07}$
1,5	$3,4 \times 10^{-06}$	$3,0 \times 10^{-06}$	$2,6 \times 10^{-06}$	$2,2 \times 10^{-06}$	$1,9 \times 10^{-06}$	$1,7 \times 10^{-06}$	$1,4 \times 10^{-06}$	$1,2 \times 10^{-06}$	$1,1 \times 10^{-06}$	$9,2 \times 10^{-07}$
1,4	$1,3 \times 10^{-05}$	$1,2 \times 10^{-05}$	$1,0 \times 10^{-05}$	$8,9 \times 10^{-06}$	$7,8 \times 10^{-06}$	$6,8 \times 10^{-06}$	$5,9 \times 10^{-06}$	$5,2 \times 10^{-06}$	$4,5 \times 10^{-06}$	$3,9 \times 10^{-06}$
1,3	$4,8 \times 10^{-05}$	$4,2 \times 10^{-05}$	$3,7 \times 10^{-05}$	$3,3 \times 10^{-05}$	$2,9 \times 10^{-05}$	$2,6 \times 10^{-05}$	$2,3 \times 10^{-05}$	$2,0 \times 10^{-05}$	$1,7 \times 10^{-05}$	$1,5 \times 10^{-05}$
1,2	0,000 2	0,000 1	0,000 1	0,000 1	0,000 1	0,000 1	0,000 1	0,000 1	0,000 1	0,000 1
1,1	0,000 5	0,000 4	0,000 4	0,000 3	0,000 3	0,000 3	0,000 3	0,000 2	0,000 2	0,000 2
1,0	0,001 3	0,001 2	0,001 1	0,001 0	0,000 9	0,000 8	0,000 7	0,000 7	0,000 6	0,000 5
0,9	0,003 5	0,003 2	0,002 9	0,002 6	0,002 4	0,002 2	0,002 0	0,001 8	0,001 6	0,001 5
0,8	0,008 2	0,007 5	0,006 9	0,006 4	0,005 9	0,005 4	0,004 9	0,004 5	0,004 1	0,003 8
0,7	0,017 9	0,016 6	0,015 4	0,014 3	0,013 2	0,012 2	0,011 3	0,010 4	0,009 6	0,008 9
0,6	0,035 9	0,033 6	0,031 4	0,029 4	0,027 4	0,025 6	0,023 9	0,022 2	0,020 7	0,019 2
0,5	0,066 8	0,063 0	0,059 4	0,055 9	0,052 6	0,049 5	0,046 5	0,043 6	0,040 9	0,038 4
0,4	0,115 1	0,109 3	0,103 8	0,098 5	0,093 4	0,088 5	0,083 8	0,079 3	0,074 9	0,070 8
0,3	0,184 1	0,176 2	0,168 5	0,161 1	0,153 9	0,146 9	0,140 1	0,133 5	0,127 1	0,121 0
0,2	0,274 3	0,264 3	0,254 6	0,245 1	0,235 8	0,226 6	0,217 7	0,209 0	0,200 5	0,192 2
0,1	0,382 1	0,370 7	0,359 4	0,348 3	0,337 2	0,326 4	0,315 6	0,305 0	0,294 6	0,284 3
0,0	0,500 0	0,488 0	0,476 1	0,464 1	0,452 2	0,440 4	0,428 6	0,416 8	0,405 2	0,393 6

5.9 Định tính

5.9.1 Khái quát

Thường có trường hợp quá trình định tính với mục tiêu là không có sự không phù hợp hoặc không có cá thể không phù hợp. Kết quả là năng lực quá trình trong trường hợp quá trình được kiểm soát giới hạn ở tuyên bố về mức độ không phù hợp hoặc cá thể không phù hợp. Trường hợp này thường có dạng trung bình quá trình, ví dụ, $\bar{p}$, và không áp dụng chỉ số được cho ở trên cũng như Bảng 3.

Nếu dữ liệu định tính được tạo ra bởi hệ thống đo đánh giá phép đo định lượng là đạt hay không đạt, thì phải chú ý giảm thiểu mọi độ biến động của hệ thống đo.

5.9.2 Thước đo và chỉ số năng lực trong trường hợp đơn vị không phù hợp (*np*) hoặc tỷ lệ đơn vị không phù hợp (*p*)

Khi quá trình được theo dõi sử dụng biểu đồ np hoặc biểu đồ p [xem mô tả ở TCVN 9945-1 (ISO 7870-1)], năng lực quá trình có thể được mô tả bằng mức trung bình $\bar{p}$ hoặc $n\bar{p}$ khi quá trình chứng tỏ là ổn định về mặt thống kê.

Hiệu suất quá trình, đôi khi gọi là năng lực loạt đầu (FRC), có thể được tính như thể hiện trong phương trình (3), nghĩa là FRC là phần trăm cá thể đáp ứng được tạo ra:

$100(1 - \bar{p})$ (%)

hoặc

$$100\left(1 - \frac{n\bar{p}}{n}\right) \quad (\%) \qquad (3)$$

5.9.3 Thước đo và chỉ số năng lực trong trường hợp số không phù hợp (*c*) hoặc tỷ lệ không phù hợp (*u*)

Khi quá trình được theo dõi sử dụng biểu đồ c hoặc biểu đồ u [xem mô tả ở TCVN 9945-1 (ISO 7870-1)], hiệu năng quá trình cần được biểu thị bằng cách ghi lại mức trung bình $\bar{c}$ hoặc $\bar{u}$ khi quá trình chứng tỏ là ổn định về mặt thống kê.

Ngoài ra, tỷ lệ xuất hiện sự không phù hợp có thể được tính là số không phù hợp trên một trăm đơn vị (NHU):

$$100\left(\frac{\bar{c}}{n}\right)$$

hoặc

$$100\,\bar{u}$$

trong đó n là cỡ nhóm con được lấy.

Nếu sự xuất hiện số không phù hợp trên một trăm nhỏ tới mức NHU rất nhỏ so với giá trị 1 thì thay vào đó xét số không phù hợp trên một triệu, nghĩa là NMU. Khi xử lý các cá thể đơn chiếc, thước đo này thường được cho bằng phần triệu (ppm).

NHU là thước đo hữu ích khi so sánh các quá trình theo cỡ nhóm con khác nhau và cung cấp thông tin liên quan đến tỷ lệ không phù hợp dự kiến trong đầu ra của quá trình.

6 Hiệu năng

6.1 Khái quát

Hiệu năng quá trình đối với một đặc trưng là phân bố kết quả thu được. Khác biệt quan trọng duy nhất giữa hiệu năng và năng lực là đối với hiệu năng không có yêu cầu quá trình ở trạng thái kiểm soát thống kê hay quá trình được kiểm soát bằng biểu đồ kiểm soát. Dưới đây là các điều kiện áp dụng cho hiệu năng:

- tất cả các điều kiện kỹ thuật, ví dụ nhiệt độ và độ ẩm, phải được nêu rõ;
- độ không đảm bảo của hệ thống đo phải được quy định;
- các khía cạnh nhiều yếu tố, nhiều mức của quá trình cần được cho phép;

– khoảng thời gian thu thập dữ liệu phải được ghi lại;

– tần số lấy mẫu phải được quy định và ngày, giờ bắt đầu và kết thúc việc thu thập dữ liệu;

– quá trình không cần phải được kiểm soát bằng biểu đồ kiểm soát; và

– quá trình không cần phải ở trạng thái kiểm soát thống kê, đặc biệt, có thể sử dụng dữ liệu lịch sử chưa biết về trình tự để đánh giá hiệu năng quá trình.

Các chỉ số được cho dưới đây để biểu thị hiệu năng quá trình. Dạng của chúng tương tự như đã cho trong nội dung về năng lực và sử dụng mối quan hệ tổng quát trong công thức (1) và (2) đối với dữ liệu đo được ngoại trừ chúng được gọi tương ứng là P_{p}, $P_{\mathrm{pk}U}$ và $P_{\mathrm{pk}L}$.

6.2 Chỉ số hiệu năng quá trình đối với dữ liệu đo được (phân bố chuẩn)

6.2.1 Chỉ số P_{p}

Khi các giá trị riêng lẻ hình thành phân bố chuẩn, độ dài khoảng quy chiếu bằng $6\sigma_{\mathrm{t}}$, trong đó σ_{t} là độ lệch chuẩn toàn phần. Vì vậy, chỉ số P_{p} có thể được biểu thị là:

$$P_p = \frac{U - L}{6\sigma_{\mathrm{t}}}$$

Ước lượng $\left(\hat{\sigma}_{\mathrm{t}}\right)$ độ lệch chuẩn toàn phần (σ_{t}) được yêu cầu để thu được ước lượng của chỉ số P_{p}. Trong thực tế, $\hat{\sigma}_{\mathrm{t}}$ sẽ là độ lệch chuẩn (S_{t}) của toàn bộ dữ liệu. Khi có được giá trị này, chỉ số được ước lượng:

$$\hat{P}_p = \frac{U - L}{6\hat{\sigma}_{\mathrm{t}}}$$

6.2.2 Chỉ số P_{pk}

Khi phân bố của các giá trị riêng lẻ hình thành phân bố chuẩn, trung vị $X_{50\ \%}$ bằng trung bình (μ). Ngoài ra, $X_{99{,}865\ \%} - X_{50\ \%}$ và $X_{50\ \%} - X_{0{,}135\ \%}$ đều bằng $3\sigma_{\mathrm{t}}$. Vì vậy, chỉ số P_{pk} là giá trị nhỏ hơn trong hai giá trị:

$$P_{\mathrm{pk}U} = \frac{U - \mu}{3\sigma_{\mathrm{t}}}$$

hoặc

$$P_{\mathrm{pk}L} = \frac{\mu - L}{3\sigma_{\mathrm{t}}}$$

trong đó P_{pk} được ước lượng bởi:

$$\hat{P}_{\mathrm{pk}U} = \frac{U - \overline{X}}{3\hat{\sigma}_{\mathrm{t}}}$$

hoặc

$$\hat{P}_{\mathrm{pk}L} = \frac{\overline{X} - L}{3\hat{\sigma}_{\mathrm{t}}}$$

Chỉ số này càng nhỏ thì tỷ lệ cá thể tạo ra nằm ngoài quy định càng cao.

6.3 Chỉ số hiệu năng quá trình đối với dữ liệu đo được (phân bố không chuẩn)

6.3.1 Khái quát

Cách tiếp cận lựa chọn trong điều này đối với dữ liệu không chuẩn giống như đề cập ở 5.5 đối với chỉ số năng lực.

6.3.2 Phương pháp giấy xác suất

Từ biểu đồ tương tự như thể hiện trên Hình 4, có thể thu được ước lượng của các phân vị $X_{0,135\ \%}$ và $X_{99,865\ \%}$. Các ước lượng được ký hiệu tương ứng là Y_1 và Y_2, phương trình trở thành:

$$\hat{P}_{\mathrm{p}} = \frac{U - L}{Y_1 - Y_2}$$

Theo cách tương tự, công thức tính P_{pk} trở thành:

$$\hat{P}_{\mathrm{pk}U} = \frac{U - \hat{X}_{50\%}}{Y_2 - \hat{X}_{50\%}}$$

hoặc

$$\hat{P}_{\mathrm{pk}L} = \frac{\hat{X}_{50\%} - L}{\hat{X}_{50\%} - Y_1}$$

chọn biểu thức nào cho giá trị thấp hơn. Nếu chỉ số nhỏ hơn giá trị đã cho thì quá trình được coi là vượt quá tỷ lệ cá thể nằm ngoài quy định. Tỷ lệ không phù hợp phụ thuộc vào phân bố và giá trị của chỉ số. Liên kết giữa chỉ số và tỷ lệ cá thể không phù hợp tạo ra phụ thuộc vào lớp phân bố. Cần cẩn trọng để không giải thích các chỉ số trên cơ sở các điểm ngưỡng được rút ra cho phân bố chuẩn và do đó chỉ áp dụng được cho phân bố đó.

Chú ý là phương pháp giấy xác suất ước lượng trực tiếp các phân vị cực trị và có thể không chính xác. Ngoài ra, phương pháp ước lượng sử dụng giấy xác suất, mặc dù sử dụng rất đơn giản, nhưng hơi thô và quy trình tính toán được ưu tiên (xem Phục lục C).

6.3.3 Phương pháp đường cong Pearson

Đường Pearson chuẩn hóa đôi khi được sử dụng như một lựa chọn thay thế cho giấy xác suất. Phương pháp này được mô tả bằng ví dụ (xem Phụ lục B). Chỉ số được tính toán theo công thức:

$$\hat{P}_{\mathrm{p}} = \frac{U - L}{\hat{X}_{99{,}865\,\%} - \hat{X}_{0{,}135\,\%}}$$

trong đó, $\hat{X}_{0{,}135\,\%}$ và $\hat{X}_{99{,}865\,\%}$ là phân vị 0,135 % và 99,865 % ước lượng từ đường Pearson chuẩn hóa.

Ta cũng có công thức:

$$\hat{P}_{\mathrm{pk}U} = \frac{U - \hat{X}_{50\,\%}}{\hat{X}_{99{,}865\,\%} - \hat{X}_{50\,\%}}$$

và

$$\hat{P}_{\mathrm{pk}L} = \frac{\hat{X}_{50\,\%} - L}{\hat{X}_{50\,\%} - \hat{X}_{0{,}135\,\%}}$$

trong đó, $\hat{X}_{50\,\%}$ là giá trị trung vị ước lượng.

Để sử dụng phương pháp này, người sử dụng cần thiết lập giá trị bất đối xứng và độ nhọn cùng với trung bình và độ lệch chuẩn cho tập dữ liệu dùng để tính toán chỉ số.

Phương pháp này không được ưa dùng nhưng được trình bày ở đây cho hoàn chỉnh vì đôi khi cũng được sử dụng. Xem thêm 5.5.3 về việc sử dụng phương pháp này.

6.3.4 Phương pháp xác định phân bố

Xem Phụ lục C về mô tả các họ hàm phân bố như phân bố loga chuẩn, Rayleigh và Weibull được dùng phổ biến khi nghiên cứu về hiệu năng quá trình. Xem thêm 5.5.4 về việc sử dụng phương pháp này.

6.4 Chỉ số hiệu năng khác đối với dữ liệu đo được

Tất cả các chỉ số cho trước đây đối với năng lực tương tự như khi xem xét hiệu năng. Độ lệch chuẩn bất kỳ sẽ thể hiện độ biến động tổng thể (σ_t) thay cho độ biến động vốn có (σ). Xem 4.3 và 5.2.1.

6.5 Đánh giá tỷ lệ nằm ngoài quy định (phân bố chuẩn)

Ở đây sử dụng phương pháp tương tự như 5.8 để ước lượng tỷ lệ nằm ngoài quy định. Người đọc nên thay $\hat{P}_{\text{pk}U}$ và $\hat{P}_{\text{pk}L}$ tương ứng cho $\hat{C}_{\text{pk}U}$ và $\hat{C}_{\text{pk}L}$. Cũng có thể sử dụng Bảng 3 để xác định tỷ lệ nằm ngoài quy định và người đọc cần nhập $\hat{P}_{\text{pk}U}$ hoặc $\hat{P}_{\text{pk}L}$ vào bảng thay vì $\hat{C}_{\text{pk}U}$ hoặc $\hat{C}_{\text{pk}L}$.

6.6 Định tính

Chỉ số hiệu năng giống như các chỉ số đã nêu trên đây. Xem 5.9 về mô tả các thước đo.

Phụ lục A

(tham khảo)

Ước lượng độ lệch chuẩn

A.1 Khái quát

Cần ước lượng độ lệch chuẩn để tính các chỉ số đề cập trong tiêu chuẩn này. Có hai loại độ lệch chuẩn được xét. Loại thứ nhất được mô tả như độ lệch chuẩn ngắn hạn hoặc độ lệch chuẩn (vốn có) tức thời. Nó thường được tính từ các thống kê lấy từ biểu đồ kiểm soát và điều này được thể hiện trong A.2. Loại thứ hai là ước lượng của độ lệch chuẩn toàn phần và được mô tả trong A.3.

A.2 Độ lệch chuẩn vốn có

A.2.1 Ước lượng sử dụng giá trị độ rộng trung bình

Độ lệch chuẩn (quá trình) vốn có (dữ liệu sẽ được lấy từ biểu đồ kiểm soát "được kiểm soát") có thể được ước lượng từ biểu đồ kiểm soát độ rộng nhờ công thức sau đây:

$$\hat{\sigma} = \frac{\overline{R}}{d_2}$$

trong đó d_2 là hệ số biểu đồ kiểm soát lấy từ Bảng A.1.

Bảng A.1 – Hệ số biểu đồ kiểm soát dùng cho ước lượng độ lệch chuẩn quá trình

Cỡ nhóm con (n)	d_2	c_4
2	1,128	0,797 9
3	1,693	0,886 2
4	2,059	0,921 3
5	2,326	0,940 0
6	2,534	0,951 5
7	2,704	0,959 4
8	2,847	0,965 0
9	2,970	0,969 3
10 [a]	3,078	0,972 7
[a] Giá trị của d_2 và c_4 đối với cỡ mẫu lớn hơn 10 có thể tìm trong tài liệu.		

A.2.2 Ước lượng sử dụng giá trị độ lệch chuẩn trung bình

Nếu biểu đồ kiểm soát độ lệch chuẩn được sử dụng để theo dõi độ biến động trong nhóm con thì có thể ước lượng độ lệch chuẩn (quá trình) vốn có bằng công thức sau đây:

$$\hat{\sigma} = \frac{\overline{S}}{c_4}$$

trong đó c_4 là hệ số biểu đồ kiểm soát lấy từ Bảng A.1.

A.2.3 Ước lượng sử dụng giá trị độ lệch chuẩn nhóm con

Nếu độ lệch chuẩn trong nhóm con được tính cho mỗi nhóm con thì công thức dưới đây cho giá trị độ lệch chuẩn vốn có chính xác hơn trong A.2.1 và A.2.2:

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{m} S_j^2}{m}}$$

trong đó có m nhóm con, mỗi nhóm gồm n quan trắc.

A.3 Ước lượng độ lệch chuẩn toàn phần

Khi dữ liệu được tạo ra từ quá trình "nằm ngoài kiểm soát" hoặc nếu không sử dụng biểu đồ kiểm soát, thì việc sử dụng các phương pháp của A.2 để tính độ lệch chuẩn là không thích hợp. Thay vào đó nên sử dụng công thức dưới đây:

$$\hat{\sigma}_{\mathrm{t}} = S_{\mathrm{t}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{N} (X_i - \overline{X})^2}{N - 1}}$$

Các trường hợp dẫn đến việc sử dụng công thức này là khi có dao động trong trung bình quá trình do các nguyên nhân ấn định không loại bỏ được gây ra và độ biến động bổ sung này được kết hợp với độ biến động còn lại do nguyên nhân ngẫu nhiên. Đây là thước đo độ biến động thích hợp để sử dụng khi tính các chỉ số hiệu năng.

Khi xét các quá trình nhiều dòng, như ép đúc phun nhiều ngăn, thường cần xử lý dữ liệu từ tất cả các ngăn như chúng thu được từ quá trình đơn lẻ. Dữ liệu từ mỗi ngăn có thể tạo thành một phân bố chuẩn đơn. Tuy nhiên, thực tế thường xảy ra là mỗi ngăn tạo ra phân bố khác biệt đôi chút vì trung bình hoặc độ biến động hoặc cả hai khác nhau. Nếu dữ liệu từ tất cả các dòng quá trình có thể được coi là tạo ra phân bố chuẩn thì công thức này sẽ cho ước lượng độ biến động quá trình tốt nhất.

Phụ lục B

(tham khảo)

Ước lượng thước đo năng lực và hiệu năng sử dụng đường Pearson – Quy trình và ví dụ [1)]

B.1 Ghi giới hạn qui định

Giới hạn trên, U = 0,30

Giới hạn dưới, L = 0,20

B.2 Ghi thống kê quá trình

Quá trình thể hiện "được kiểm soát" về mặt thống kê

Trung bình, $\bar{x}$ = 0,235

Độ lệch chuẩn, $\hat{\sigma}$ = 0,012 2

Độ bất đối xứng, $\hat{\gamma}_1$ = 0,7 (làm tròn đến một chữ số thập phân)

Độ nhọn, $\hat{\beta}_2$ = 3,5 (làm tròn đến một chữ số thập phân)

B.3 Tra phân vị 0,135 % chuẩn hóa

Đối với bất đối xứng dương, sử dụng Bảng B.1; đối với bất đối xứng âm, sử dụng Bảng B.2.

Phân vị 0,135, $P_{0,135\,\%}$ = 3,056 nhờ nội suy

B.4 Tra phân vị 99,865 % chuẩn hóa

Đối với bất đối xứng dương, sử dụng Bảng B.2; đối với bất đối xứng âm, sử dụng Bảng B.1.

Phân vị 99,865, $P_{99,865\,\%}$ = 4,656 nhờ nội suy

B.5 Tra trung vị chuẩn hóa trong Bảng B.3

Đối với bất đối xứng dương, đảo dấu; đối với bất đối xứng âm, để nguyên dương.

Trung vị chuẩn hóa, $P_{50\,\%}$ = – 0,067 5 nhờ nội suy

[1)] Quy trình này dựa trên quy trình trong tài liệu tham khảo [10] (xem Thư mục tài liệu tham khảo).

B.6 Tính phân vị 0,135 % ước lượng

$$\hat{X}_{0,135\%} = \bar{x} - \hat{\sigma}P_{0,135\%}$$

= 0,235 – (0,012 2 x 3,056)

= 0,197 7

B.7 Tính phân vị 99,865 % ước lượng

$$\hat{X}_{99,865\,\%} = \bar{x} - \hat{\sigma}P_{99,865\,\%}$$

= 0,235 – (0,012 2 x 4,656)

= 0,291 8

B.8 Tính trung vị ước lượng

$$\hat{X}_{50\,\%} = \bar{x} - \hat{\sigma}P_{50\,\%}$$

= 0,235 + (0,012 2 x –0,067 5)

= 0,234 2

B.9 Tính chỉ số năng lực quá trình

$$\hat{C}_{\mathrm{p}} = \frac{U - L}{\hat{X}_{99,865\%} - \hat{X}_{0,135\%}}$$

$$= \frac{0,03 - 0,20}{0,2918 - 0,197\,7}$$

$$= 1,06$$

$$\hat{C}_{\mathrm{pk}U} = \frac{U - \hat{X}_{50\%}}{\hat{X}_{99,865\%} - \hat{X}_{50\%}}$$

$$= \frac{0,03 - 0,234\,2}{0,2918 - 0,234\,2}$$

$$= 1,14$$

$$\hat{C}_{\mathrm{pk}L} = \frac{\hat{X}_{50\%} - L}{\hat{X}_{50\%} - \hat{X}_{0,135\%}}$$

$$= \frac{0,234\,2 - 0,20}{0,234\,2 - 0,197\,7}$$

$$= 0,94$$

Bảng B.1

Đường Pearson (đuôi chuẩn hóa)
$P_{0,135\ \%}$ (phân vị 0,135) đối với $\gamma_1 \geq 0$. $P_{99,865\ \%}$ (phân vị 99,865) đối với $\gamma_1 < 0$

Độ nhọn (β_2)	Độ bất đối xứng (γ_1)																						(β_2)
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0		
−1,4	1,512	1,421	1,317	1,206	1,092	0,979	0,868	0,762															−1,4
−1,2	1,727	1,619	1,496	1,364	1,230	1,100	0,975	0,858	0,747														−1,2
−1,0	1,966	1,840	1,696	1,541	1,384	1,232	1,089	0,957	0,836														−1,0
−0,8	2,210	2,072	1,912	1,736	1,555	1,377	1,212	1,062	0,927	0,804	0,692												−0,8
−0,6	2,442	2,298	2,129	1,941	1,740	1,539	1,348	1,175	1,023	0,887	0,766	0,656											−0,6
−0,4	2,653	2,506	2,335	2,141	1,930	1,711	1,496	1,299	1,125	0,974	0,841	0,723	0,616										−0,4
−0,2	2,839	2,692	2,522	2,329	2,116	1,887	1,655	1,434	1,235	1,065	0,919	0,791	0,677	0,574									−0,2
0,0	3,000	2,856	2,689	2,500	2,289	2,059	1,817	1,578	1,356	1,163	1,000	0,861	0,739	0,630	0,531								0,0
0,2	3,140	2,986	2,834	2,653	2,447	2,220	1,976	1,726	1,485	1,269	1,086	0,933	0,801	0,686	0,583								0,2
0,4	3,261	3,088	2,952	2,785	2,589	2,368	2,127	1,873	1,619	1,382	1,178	1,008	0,865	0,742	0,634	0,536							0,4
0,6	3,366	3,164	3,045	2,896	2,714	2,502	2,267	2,015	1,754	1,502	1,277	1,087	0,931	0,799	0,658	0,583	0,489						0,6
0,8	3,458	3,222	3,118	2,986	2,821	2,622	2,396	2,148	1,887	1,625	1,381	1,172	1,000	0,857	0,736	0,629	0,533						0,8
1,0	3,539	3,266	3,174	3,058	2,910	2,727	2,512	2,271	2,013	1,748	1,491	1,262	1,072	0,917	0,787	0,675	0,575	0,484					1,0
1,2	3,611	3,300	3,218	3,115	2,983	2,817	2,616	2,385	2,132	1,876	1,602	1,357	1,149	0,979	0,840	0,721	0,617	0,524					1,2
1,4	3,674	3,327	3,254	3,161	3,043	2,893	2,708	2,488	2,243	1,981	1,713	1,456	1,230	1,045	0,894	0,768	0,659	0,562	0,475				1,4
1,6	3,731	3,349	3,282	3,199	3,092	2,957	2,787	2,581	2,345	2,089	1,821	1,556	1,316	1,113	0,950	0,815	0,701	0,600	0,510				1,6
1,8	3,782	3,367	3,306	3,229	3,133	3,011	2,855	2,664	2,438	2,189	1,925	1,664	1,404	1,185	1,008	0,863	0,743	0,638	0,546	0,461			1,8
2,0	3,828	3,382	3,325	3,255	3,167	3,055	2,914	2,736	2,524	2,283	2,023	1,755	1,494	1,261	1,068	0,913	0,785	0,676	0,580	0,494			2,0
2,2	3,870	3,395	3,342	3,277	3,196	3,093	2,964	2,800	2,600	2,369	2,116	1,850	1,584	1,339	1,132	0,964	0,828	0,714	0,615	0,526	0,445		2,2
2,4	3,908	3,405	3,356	3,295	3,220	3,126	3,006	2,855	2,669	2,448	2,202	1,940	1,673	1,420	1,198	1,018	0,873	0,752	0,649	0,557	0,475		2,4
2,6	3,943	3,415	3,367	3,311	3,241	3,153	3,043	2,904	2,730	2,521	2,283	2,026	1,760	1,501	1,267	1,073	0,918	0,791	0,683	0,589	0,504		2,6
2,8	3,975	3,423	3,378	3,324	3,259	3,177	3,075	2,946	2,784	2,586	2,358	2,107	1,844	1,581	1,338	1,131	0,965	0,830	0,717	0,620	0,533		2,8
3,0	4,004	3,430	3,387	3,326	3,274	3,198	3,103	2,983	2,831	2,646	2,427	2,183	1,924	1,661	1,410	1,191	1,013	0,870	0,752	0,651	0,562		3,0
3,2	4,031	3,436	3,395	3,346	3,288	3,216	3,127	3,015	2,874	2,699	2,491	2,254	2,000	1,738	1,483	1,253	1,063	0,911	0,787	0,681	0,590		3,2
3,4	4,056	3,441	3,402	3,356	3,300	3,233	3,149	3,043	2,911	2,747	2,549	2,321	2,072	1,813	1,555	1,317	1,115	0,953	0,822	0,712	0,618		3,4
3,6	4,079	3,446	3,408	3,364	3,311	3,247	3,168	3,069	2,945	2,790	2,602	2,383	2,140	1,884	1,626	1,381	1,169	0,996	0,858	0,744	0,646		3,6
3,8	4,101	3,450	3,414	3,371	3,321	3,259	3,184	3,091	2,974	2,829	2,651	2,440	2,205	1,953	1,695	1,446	1,224	1,041	0,895	0,775	0,674		3,8
4,0	4,121	3,454	3,419	3,378	3,329	3,271	3,200	3,111	3,001	2,864	2,695	2,494	2,265	2,018	1,762	1,510	1,281	1,088	0,932	0,807	0,702		4,0
4,2	4,140	3,458	3,423	3,384	3,337	3,281	3,213	3,129	3,025	2,895	2,735	2,543	2,321	2,080	1,827	1,574	1,338	1,135	0,971	0,839	0,730		4,2
4,4	4,157	3,461	3,428	3,389	3,344	3,290	3,225	3,145	3,047	2,923	2,771	2,588	2,374	2,138	1,889	1,636	1,396	1,184	1,011	0,872	0,758		4,4
4,6	4,174	3,464	3,431	3,394	3,350	3,299	3,236	3,160	3,066	2,949	2,805	2,629	2,424	2,194	1,948	1,697	1,453	1,234	1,052	0,905	0,786		4,6
4,8	4,189	3,466	3,435	3,399	3,356	3,306	3,246	3,173	3,084	2,972	2,835	2,668	2,470	2,246	2,005	1,756	1,510	1,285	1,094	0,939	0,815		4,8
5,0	4,204	3,469	3,438	3,403	3,362	3,313	3,256	3,186	3,100	2,994	2,863	2,703	2,513	2,296	2,059	1,813	1,566	1,336	1,137	0,975	0,844		5,0
5,2	4,218	3,471	3,441	3,406	3,367	3,320	3,264	3,197	3,114	3,013	2,888	2,735	2,552	2,342	2,111	1,867	1,621	1,387	1,181	1,010	0,874		5,2
5,4	4,231	3,473	3,444	3,410	3,371	3,326	3,272	3,207	3,128	3,031	2,911	2,765	2,589	2,386	2,160	1,920	1,675	1,438	1,225	1,047	0,904		5,4

Bảng B.1 (kết thúc)

Đường Pearson (đuôi chuẩn hóa) $P_{0,135\ \%}$ (phân vị 0,135) đối với $\gamma_1 \geq 0$. $P_{99,865\ \%}$ (phân vị 99,865) đối với $\gamma_1 < 0$																							
Độ nhọn (β_2)	Độ bất đối xứng (γ_1)																						(β_2)
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0		
5,6	4,243	3,475	3,446	3,413	3,375	3,331	3,279	3,216	3,140	3,047	2,933	2,793	2,624	2,427	2,206	1,970	1,727	1,489	1,270	1,085	0,935	5,6
5,8	4,255	3,477	3,448	3,416	3,379	3,336	3,286	3,225	3,152	3,062	2,952	2,818	2,656	2,465	2,260	2,019	1,778	1,539	1,316	1,123	0,966	5,8
6,0	4,266	3,478	3,451	3,419	3,383	3,341	3,292	3,233	3,162	3,076	2,970	2,841	2,685	2,501	2,292	2,065	1,827	1,588	1,361	1,162	0,999	6,0
6,2	4,276	3,480	3,453	3,422	3,386	3,345	3,297	3,240	3,172	3,089	2,987	2,863	2,713	2,535	2,332	2,109	1,874	1,635	1,407	1,202	1,031	6,2
6,4	4,286	3,481	3,454	3,424	3,389	3,349	3,303	3,247	3,181	3,100	3,003	2,883	2,739	2,567	2,369	2,151	1,919	1,682	1,452	1,242	1,065	6,4
6,6	4,296	3,483	3,456	3,426	3,392	3,353	3,308	3,254	3,189	3,111	3,017	2,902	2,763	2,597	2,405	2,191	1,962	1,727	1,496	1,282	1,099	6,6
6,8	4,305	3,484	3,458	3,429	3,395	3,357	3,312	3,260	3,197	3,122	3,030	2,919	2,785	2,624	2,438	2,229	2,004	1,771	1,540	1,323	1,134	6,8
7,0	4,313	3,485	3,459	3,431	3,398	3,360	3,316	3,265	3,204	3,131	3,043	2,936	2,806	2,651	2,469	2,265	2,044	1,814	1,583	1,363	1,169	7,0
7,2	4,322	3,486	3,461	3,432	3,400	3,363	3,321	3,270	3,211	3,140	3,054	2,951	2,825	2,675	2,499	2,300	2,083	1,855	1,625	1,403	1,204	7,2
7,4	4,330	3,487	3,462	3,434	3,403	3,366	3,324	3,275	3,218	3,148	3,065	2,965	2,843	2,698	2,527	2,333	2,120	1,895	1,666	1,443	1,240	7,4
7,6	4,337	3,488	3,464	3,436	3,405	3,369	3,328	3,280	3,224	3,156	3,075	2,978	2,860	2,720	2,554	2,364	2,155	1,933	1,706	1,482	1,276	7,6
7,8	4,344	3,489	3,465	3,437	3,407	3,372	3,331	3,284	3,229	3,164	3,085	2,990	2,876	2,740	2,579	2,394	2,189	1,970	1,744	1,521	1,311	7,8
8,0	4,351	3,490	3,466	3,439	3,409	3,374	3,335	3,289	3,235	3,171	3,094	3,002	2,891	2,759	2,603	2,422	2,221	2,005	1,782	1,559	1,347	8,0
8,2	4,358	3,491	3,467	3,440	3,411	3,377	3,338	3,292	3,240	3,177	3,103	3,013	2,906	2,777	2,625	2,449	2,252	2,040	1,818	1,596	1,382	8,2
8,4	4,365	3,492	3,468	3,442	3,412	3,379	3,340	3,296	3,244	3,183	3,111	3,023	2,919	2,794	2,646	2,475	2,282	2,073	1,854	1,632	1,418	8,4
8,6	4,371	3,492	3,469	3,443	3,414	3,381	3,343	3,300	3,249	3,189	3,118	3,033	2,932	2,810	2,666	2,499	2,310	2,104	1,888	1,667	1,452	8,6
8,8	4,377	3,493	3,470	3,444	3,416	3,383	3,346	3,303	3,253	3,195	3,125	3,042	2,943	2,825	2,685	2,522	2,337	2,135	1,921	1,702	1,486	8,8
9,0	4,382	3,494	3,471	3,445	3,417	3,385	3,348	3,306	3,257	3,200	3,132	3,051	2,955	2,839	2,703	2,544	2,363	2,164	1,953	1,736	1,520	9,0
9,2	4,388	3,495	3,472	3,447	3,418	3,387	3,351	3,309	3,261	3,205	1,138	3,059	2,965	2,853	2,720	2,565	2,388	2,192	1,984	1,768	1,553	9,2
9,4	4,393	3,495	3,473	3,448	3,420	3,388	3,353	3,312	3,265	3,209	3,144	3,067	2,975	2,866	2,738	2,585	2,411	2,219	2,014	1,800	1,586	9,4
9,6	4,398	3,496	3,473	3,449	3,421	3,390	3,355	3,315	3,268	3,214	3,150	3,075	2,985	2,878	2,752	2,604	2,434	2,245	2,042	1,831	1,617	9,6
9,8	4,403	3,496	4,474	3,450	3,422	3,392	3,357	3,317	3,272	3,218	3,156	3,082	2,994	2,890	2,766	2,622	2,456	2,271	2,070	1,861	1,648	9,8
10,0	4,408	3,497	3,475	3,451	3,424	3,393	3,359	3,320	3,275	3,222	3,161	3,088	3,003	2,901	2,780	2,639	2,476	2,295	2,097	1,890	1,679	10,0
10,2					3,425	3,395	3,361	3,322	3,278	3,226	3,166	3,095	3,011	2,911	2,793	2,655	2,496	2,318	2,123	1,918	1,708	10,2
10,4						3,396	3,363	3,325	3,281	3,230	3,171	3,101	3,019	2,921	2,806	2,671	2,515	2,340	2,148	1,945	1,737	10,4
10,6							3,364	3,327	3,283	3,233	3,175	3,107	3,026	2,930	2,818	2,686	2,533	2,361	2,172	1,972	1,765	10,6
10,8								3,329	3,286	3,237	3,179	3,112	3,033	2,940	2,829	2,700	2,551	2,382	2,196	1,998	1,793	10,8
11,0									3,289	3,240	3,184	3,118	3,040	2,948	2,840	2,714	2,567	2,401	2,218	2,023	1,819	11,0
11,2										3,243	3,188	3,123	3,046	2,956	2,851	2,727	2,583	2,420	2,240	2,047	1,845	11,2
11,4											3,191	3,128	3,053	2,964	2,861	2,739	2,598	2,438	2,261	2,070	1,870	11,4
11,6											3,195	3,132	3,058	2,972	2,870	2,751	2,613	2,456	2,281	2,093	1,895	11,6
11,8												3,137	3,064	2,979	2,879	2,762	2,627	2,473	2,301	2,115	1,919	11,8
12,0												3,141	3,070	2,986	2,888	2,773	2,641	2,489	2,320	2,136	1,942	12,0
12,2													3,075	2,993	2,896	2,784	2,653	2,505	2,338	2,157	1,965	12,2

Bảng B.2

Đường Pearson (đuôi chuẩn hóa)
$P_{99,865\ \%}$ (phân vị 99,865) đối với $\gamma_1 \geq 0$. $P_{0,135\ \%}$ (phân vị 0,135) đối với $\gamma_1 < 0$.

Độ nhọn (β_2)	Độ bất đối xứng (γ_1)																					(β_2)
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	
−1,4	1,512	1,584	1,632	1,655	1,653	1,626	1,579	1,516														−1,4
−1,2	1,727	1,813	1,871	1,899	1,895	1,861	1,803	1,726	1,636													−1,2
−1,0	1,966	2,065	2,134	2,170	2,169	2,131	2,061	1,966	1,856													−1,0
−0,8	2,210	2,320	2,400	2,446	2,454	2,422	2,349	2,241	2,108	1,965	1,822											−0,8
−0,6	2,442	2,560	2,648	2,704	2,726	2,708	2,646	2,540	2,395	2,225	2,052	1,885										−0,6
−0,4	2,653	2,774	2,869	2,934	2,969	2,968	2,926	2,837	2,699	2,518	2,314	2,114	1,928									−0,4
−0,2	2,839	2,961	3,060	3,133	3,179	3,194	3,173	3,109	2,993	2,824	2,608	2,373	2,152	1,952								−0,2
0,0	3,000	3,123	3,224	3,303	3,358	3,387	3,385	3,345	3,259	3,116	2,914	2,665	2,405	2,169	1,960							0,0
0,2	3,140	3,261	3,364	3,447	3,510	3,550	3,564	3,546	3,488	3,378	3,206	2,970	2,690	2,412	2,167							0,2
0,4	3,261	3,381	3,484	3,570	3,639	3,688	3,715	3,715	3,681	3,603	3,468	3,264	2,993	2,687	2,398	2,149						0,4
0,6	3,366	3,485	3,588	3,676	3,749	3,805	3,843	3,858	3,844	3,793	3,693	3,529	3,290	2,984	2,658	2,366	2,119					0,6
0,8	3,458	3,575	3,678	3,768	3,844	3,905	3,951	3,978	3,981	3,953	3,883	3,758	3,561	3,283	2,945	2,609	2,322					0,8
1,0	3,539	3,654	3,757	3,847	3,926	3,991	4,044	4,080	4,096	4,087	4,043	3,952	3,797	3,561	3,243	2,881	2,547	2,269				1,0
1,2	3,611	3,724	3,826	3,917	3,997	4,066	4,124	4,167	4,194	4,208	4,177	4,115	3,998	3,808	3,529	3,172	2,798	2,476				1,2
1,4	3,674	3,786	3,887	3,978	4,060	4,131	4,193	4,243	4,278	4,296	4,290	4,252	4,168	4,020	3,789	3,463	3,075	2,705	2,399			1,4
1,6	3,731	3,842	3,942	4,033	4,115	4,189	4,253	4,308	4,351	4,378	4,386	4,367	4,311	4,200	4,015	3,736	3,364	2,961	2,609			1,6
1,8	3,782	3,891	3,990	4,081	4,164	4,239	4,307	4,365	4,414	4,449	4,468	4,472	4,431	4,352	4,209	3,979	3,646	3,238	2,840	2,511		1,8
2,0	3,828	3,936	4,034	4,125	4,208	4,285	4,354	4,416	4,468	4,511	4,539	4,549	4,532	4,479	4,372	4,189	3,907	3,522	3,095	2,719		2,0
2,2	3,870	3,976	4,073	4,164	4,248	4,325	4,396	4,460	4,517	4,564	4,600	4,620	4,619	4,587	4,510	4,369	4,137	3,796	3,370	2,949	2,603	2,2
2,4	3,908	4,013	4,109	4,199	4,283	4,361	4,433	4,500	4,559	4,611	4,653	4,682	4,693	4,678	4,627	4,521	4,336	4,047	3,648	3,201	2,808	2,4
2,6	3,943	4,046	4,142	4,231	4,315	4,394	4,467	4,535	4,597	4,653	4,700	4,736	4,757	4,756	4,725	4,649	4,506	4,269	3,916	3,471	3,033	2,6
2,8	3,975	4,077	4,172	4,261	4,344	4,423	4,498	4,567	4,631	4,690	4,741	4,783	4,812	4,824	4,809	4,758	4,650	4,460	4,160	3,745	3,280	2,8
3,0	4,004	4,105	4,199	4,287	4,371	4,450	4,525	4,596	4,662	4,723	4,777	4,824	4,860	4,882	4,881	4,850	4,771	4,623	4,376	4,007	3,544	3,0
3,2	4,031	4,131	4,224	4,312	4,396	4,475	4,550	4,622	4,689	4,752	4,810	4,861	4,903	4,932	4,944	4,929	4,875	4,762	4,563	4,247	3,813	3,2
3,4	4,056	4,155	4,247	4,335	4,418	4,498	4,573	4,645	4,714	4,779	4,839	4,893	4,940	4,976	4,997	4,996	4,963	4,880	4,723	4,461	4,072	3,4
3,6	4,079	4,177	4,269	4,356	4,439	4,518	4,594	4,667	4,737	4,803	4,865	4,922	4,973	5,015	5,044	5,055	5,038	4,980	4,859	4,647	4,311	3,6
3,8	4,101	4,197	4,288	4,375	4,458	4,537	4,614	4,687	4,757	4,825	4,888	4,948	5,002	5,049	5,085	5,106	5,103	5,066	4,976	4,806	4,524	3,8
4,0	4,121	4,217	4,307	4,393	4,476	4,555	4,631	4,705	4,776	4,845	4,910	4,972	5,029	5,080	5,122	5,150	5,159	5,139	5,075	4,943	4,712	4,0
4,2	4,140	4,234	4,324	4,410	4,492	4,571	4,648	4,722	4,794	4,863	4,929	4,993	5,052	5,107	5,153	5,189	5,208	5,202	5,159	5,059	4,873	4,2
4,4	4,157	4,251	4,340	4,425	4,508	4,587	4,663	4,737	4,809	4,879	4,947	5,012	5,074	5,131	5,181	5,223	5,250	5,257	5,232	5,159	5,012	4,4
4,6	4,174	4,267	4,355	4,440	4,522	4,601	4,677	4,752	4,824	4,895	4,963	5,029	5,093	5,152	5,207	5,253	5,288	5,305	5,295	5,244	5,131	4,6
4,8	4,189	4,281	4,369	4,454	4,535	4,614	4,691	4,765	4,838	4,909	4,978	5,045	5,110	5,172	5,229	5,280	5,321	5,346	5,349	5,318	5,233	4,8
5,0	4,204	4,295	4,383	4,467	4,548	4,627	4,703	4,778	4,851	4,922	4,992	5,060	5,126	5,190	5,249	5,303	5,350	5,383	5,396	5,381	5,320	5,0
5,2	4,218	4,308	4,395	4,479	4,560	4,638	4,715	4,789	4,862	4,934	5,004	5,073	5,141	5,206	5,267	5,325	5,376	5,415	5,437	5,436	5,395	5,2
5,4	4,231	4,321	4,407	4,490	4,571	4,649	4,725	4,800	4,873	4,945	5,016	5,086	5,154	5,220	5,284	5,344	5,399	5,443	5,474	5,483	5,460	5,4

Bảng B.2 (kết thúc)

Đường Pearson (đuôi chuẩn hóa) $P_{99,865\ \%}$ (phân vị 99,865) đối với $\gamma_1 \geq 0$. $P_{0,135\ \%}$ (phân vị 0,135) đối với $\gamma_1 < 0$.																						
Độ nhọn (β_2)	Độ bất đối xứng (γ_1)																					(β_2)
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	
5,6	4,243	4,332	4,418	4,501	4,581	4,659	4,736	4,810	4,884	4,956	5,027	5,097	5,166	5,233	5,299	5,361	5,418	5,468	5,505	5,525	5,516	5,6
5,8	4,255	4,343	4,429	4,511	4,591	4,669	4,745	4,820	4,893	4,966	5,037	5,108	5,177	5,246	5,312	5,376	5,436	5,491	5,533	5,561	5,565	5,8
6,0	4,266	4,354	4,439	4,521	4,600	4,678	4,754	4,829	4,902	4,975	5,046	5,117	5,188	5,257	5,325	5,390	5,452	5,511	5,558	5,593	5,608	6,0
6,2	4,276	4,364	4,448	4,530	4,609	4,695	4,763	4,837	4,911	4,983	5,055	5,126	5,197	5,267	5,336	5,403	5,467	5,529	5,581	5,621	5,645	6,2
6,4	4,286	4,373	4,457	4,538	4,618	4,703	4,771	4,845	4,919	4,991	5,063	5,135	5,206	5,276	5,346	5,414	5,480	5,542	5,600	5,646	5,678	6,4
6,6	4,296	4,382	4,466	4,547	4,626	4,710	4,778	4,853	4,926	4,999	5,071	5,143	5,214	5,285	5,356	5,425	5,492	5,557	5,618	5,669	5,706	6,6
6,8	4,305	4,391	4,474	4,554	4,633	4,717	4,785	4,860	4,933	5,006	5,078	5,150	5,222	5,293	5,364	5,434	5,503	5,569	5,634	5,688	5,732	6,8
7,0	4,313	4,399	4,481	4,562	4,640	4,724	4,792	4,867	4,940	5,013	5,085	5,157	5,229	5,301	5,372	5,443	5,513	5,581	5,648	5,706	5,754	7,0
7,2	4,322	4,406	4,489	4,569	4,647	4,730	4,799	4,873	4,946	5,019	5,091	5,164	5,236	5,308	5,380	5,451	5,522	5,591	5,658	5,722	5,775	7,2
7,4	4,330	4,414	4,496	4,576	4,654	4,736	4,805	4,879	4,952	5,025	5,097	5,170	5,242	5,314	5,387	5,459	5,530	5,601	5,669	5,736	5,792	7,4
7,6	4,337	4,421	4,503	4,582	4,660	4,742	4,811	4,885	4,958	5,031	5,103	5,175	5,248	5,320	5,393	5,466	5,538	5,609	5,679	5,749	5,808	7,6
7,8	4,344	4,428	4,509	4,588	4,666	4,747	4,817	4,890	4,963	5,036	5,109	5,181	5,253	5,326	5,399	5,472	5,545	5,617	5,688	5,760	5,823	7,8
8,0	4,351	4,434	4,515	4,594	4,672	4,753	4,822	4,896	4,969	5,041	5,114	5,186	5,259	5,331	5,404	5,478	5,551	5,624	5,696	5,771	5,836	8,0
8,2	4,358	4,441	4,521	4,600	4,677	4,758	4,827	4,901	4,974	5,046	5,118	5,191	5,263	5,336	5,410	5,483	5,557	5,631	5,704	5,775	5,847	8,2
8,4	4,365	4,447	4,527	4,605	4,682	4,762	4,832	4,905	4,978	5,051	5,123	5,195	5,268	5,341	5,414	5,488	5,562	5,637	5,710	5,783	5,858	8,4
8,6	4,371	4,452	4,532	4,611	4,687	4,767	4,837	4,910	4,983	5,055	5,127	5,200	5,272	5,345	5,419	5,493	5,567	5,642	5,717	5,790	5,867	8,6
8,8	4,377	4,458	4,538	4,616	4,692	4,772	4,841	4,914	4,987	5,059	5,132	5,204	5,276	5,349	5,423	5,497	5,572	5,647	5,722	5,797	5,875	8,8
9,0	4,382	4,463	4,543	4,621	4,697	4,776	4,845	4,918	4,991	5,063	5,135	5,208	5,280	5,353	5,427	5,501	5,576	5,652	5,727	5,803	5,883	9,0
9,2	4,388	4,468	4,548	4,625	4,701	4,780	4,850	4,923	4,995	5,067	5,139	5,211	5,284	5,357	5,431	5,505	5,580	5,656	5,732	5,808	5,890	9,2
9,4	4,393	4,473	4,552	4,630	4,705	4,784	4,854	4,926	4,999	5,071	5,143	5,215	5,287	5,361	5,434	5,509	5,584	5,660	5,736	5,813	5,889	9,4
9,6	4,398	4,478	4,557	4,634	4,710	4,788	4,857	4,930	5,002	5,074	5,146	5,218	5,291	5,364	5,437	5,512	5,587	5,663	5,740	5,817	5,894	9,6
9,8	4,403	4,483	4,561	4,638	4,714	4,791	4,861	4,934	5,006	5,078	5,149	5,222	5,294	5,367	5,440	5,515	5,590	5,667	5,744	5,821	5,898	9,8
10,0	4,408	4,487	4,565	4,642	4,717	4,795	4,865	4,937	5,009	5,081	5,153	5,225	5,297	5,370	5,443	5,518	5,593	5,670	5,747	5,825	5,903	10,0
10,2					4,721	4,798	4,868	4,940	5,012	5,084	5,156	5,228	5,300	5,373	5,446	5,521	5,596	5,673	5,750	5,828	5,906	10,2
10,4							4,871	4,943	5,015	5,087	5,158	5,230	5,303	5,375	5,449	5,523	5,599	5,675	5,753	5,831	5,910	10,4
10,6							4,874	4,947	5,018	5,090	5,161	5,233	5,305	5,378	5,451	5,526	5,601	5,678	5,755	5,834	5,913	10,6
10,8								4,949	5,021	5,092	5,164	5,236	5,308	5,380	5,454	5,528	5,603	5,680	5,757	5,836	5,915	10,8
11,0									5,024	5,095	5,166	5,238	5,310	5,383	5,456	5,530	5,605	5,682	5,760	5,838	5,918	11,0
11,2										5,098	5,169	5,240	5,312	5,385	5,458	5,532	5,607	5,684	5,762	5,840	5,920	11,2
11,4											5,171	5,243	5,314	5,387	5,460	5,534	5,609	5,686	5,763	5,842	5,922	11,4
11,6											5,173	5,245	5,316	5,389	5,462	5,536	5,611	5,687	5,765	5,844	5,924	11,6
11,8												5,247	5,318	5,391	5,464	5,538	5,613	5,689	5,767	5,845	5,925	11,8
12,0												5,249	5,320	5,393	5,465	5,539	5,614	5,690	5,768	5,847	5,927	12,0
12,2													5,322	5,394	5,467	5,541	5,616	5,692	5,769	5,848	5,928	12,2

Bảng B.3

Đường Pearson (trung vị chuẩn hóa) $P_{50\,\%}$ (phân vị 50). Đổi dấu đối với $\gamma_1 > 0$.																							
Độ nhọn (β_2)	Độ bất đối xứng (γ_1)																						(β_2)
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0		
−1,4	0,000	0,053	0,111	0,184	0,282	0,424	0,627	0,754															−1,4
−1,2	0,000	0,039	0,082	0,132	0,196	0,284	0,412	0,591	0,727														−1,2
−1,0	0,000	0,031	0,065	0,103	0,151	0,212	0,297	0,419	0,586														−1,0
−0,8	0,000	0,026	0,054	0,085	0,123	0,169	0,231	0,317	0,439	0,598	0,681												−0,8
−0,6	0,000	0,023	0,047	0,073	0,104	0,142	0,190	0,264	0,343	0,468	0,616	0,653											−0,6
−0,4	0,000	0,020	0,041	0,064	0,091	0,122	0,161	0,212	0,280	0,375	0,504	0,633	0,616										−0,4
−0,2	0,000	0,018	0,037	0,058	0,081	0,108	0,141	0,183	0,237	0,311	0,413	0,542	0,638	0,574									−0,2
0,0	0,000	0,017	0,034	0,053	0,073	0,097	0,126	0,161	0,208	0,266	0,347	0,456	0,579	0,621	0,531								0,0
0,2	0,000	0,015	0,032	0,049	0,068	0,089	0,114	0,145	0,183	0,233	0,299	0,388	0,501	0,605	0,582								0,2
0,4	0,000	0,014	0,029	0,045	0,063	0,082	0,105	0,132	0,165	0,208	0,263	0,336	0,433	0,545	0,607	0,536							0,4
0,6	0,000	0,013	0,028	0,043	0,059	0,077	0,097	0,122	0,151	0,188	0,235	0,297	0,379	0,481	0,579	0,579	0,489						0,6
0,8	0,000	0,013	0,026	0,040	0,055	0,072	0,091	0,113	0,140	0,172	0,213	0,266	0,336	0,425	0,527	0,590	0,533						0,8
1,0	0,000	0,012	0,025	0,038	0,053	0,068	0,086	0,106	0,130	0,159	0,196	0,242	0,301	0,379	0,474	0,563	0,569	0,484					1,0
1,2	0,000	0,011	0,024	0,036	0,050	0,065	0,082	0,100	0,122	0,148	0,181	0,222	0,274	0,341	0,426	0,520	0,576	0,524					1,2
1,4	0,000	0,011	0,023	0,035	0,048	0,062	0,078	0,095	0,116	0,140	0,169	0,206	0,252	0,310	0,385	0,474	0,554	0,555	0,475				1,4
1,6	0,000	0,010	0,022	0,034	0,046	0,060	0,074	0,091	0,110	0,132	0,159	0,192	0,233	0,285	0,351	0,432	0,518	0,564	0,510				1,6
1,8	0,000	0,010	0,021	0,032	0,044	0,057	0,072	0,087	0,105	0,126	0,151	0,180	0,217	0,264	0,323	0,396	0,480	0,549	0,540	0,461			1,8
2,0	0,000	0,009	0,020	0,031	0,043	0,055	0,069	0,084	0,101	0,120	0,143	0,171	0,204	0,246	0,299	0,365	0,443	0,521	0,552	0,494			2,0
2,2	0,000	0,009	0,020	0,030	0,042	0,054	0,067	0,081	0,097	0,115	0,137	0,162	0,193	0,231	0,279	0,338	0,410	0,488	0,544	0,522	0,445		2,2
2,4	0,000	0,009	0,019	0,029	0,040	0,052	0,065	0,078	0,094	0,111	0,131	0,155	0,183	0,218	0,261	0,315	0,381	0,456	0,524	0,538	0,475		2,4
2,6	0,000	0,008	0,018	0,029	0,039	0,051	0,063	0,076	0,091	0,107	0,126	0,148	0,175	0,207	0,246	0,295	0,355	0,426	0,498	0,539	0,503		2,6
2,8	0,000	0,008	0,018	0,028	0,038	0,049	0,061	0,074	0,088	0,104	0,122	0,143	0,167	0,197	0,233	0,278	0,333	0,398	0,470	0,526	0,522		2,8
3,0	0,000	0,008	0,017	0,027	0,037	0,048	0,059	0,072	0,085	0,101	0,118	0,138	0,161	0,189	0,222	0,263	0,313	0,374	0,443	0,506	0,530		3,0
3,2	0,000	0,008	0,017	0,027	0,037	0,047	0,058	0,070	0,083	0,098	0,114	0,133	0,155	0,181	0,212	0,250	0,296	0,352	0,417	0,483	0,525		3,2
3,4	0,000	0,008	0,017	0,026	0,036	0,046	0,057	0,068	0,081	0,095	0,111	0,129	0,150	0,174	0,203	0,239	0,281	0,333	0,394	0,460	0,513		3,4
3,6	0,000	0,007	0,016	0,025	0,035	0,045	0,056	0,067	0,079	0,093	0,108	0,125	0,145	0,168	0,196	0,228	0,268	0,316	0,373	0,437	0,495		3,6
3,8	0,000	0,007	0,016	0,025	0,034	0,044	0,054	0,066	0,078	0,091	0,105	0,122	0,141	0,163	0,188	0,219	0,256	0,301	0,354	0,415	0,475		3,8
4,0	0,000	0,007	0,015	0,025	0,034	0,043	0,053	0,064	0,076	0,089	0,103	0,119	0,137	0,158	0,182	0,211	0,246	0,288	0,337	0,395	0,455		4,0
4,2	0,000	0,007	0,015	0,024	0,033	0,043	0,053	0,063	0,075	0,087	0,101	0,116	0,133	0,153	0,176	0,204	0,236	0,276	0,322	0,376	0,435		4,2
4,4	0,000	0,007	0,015	0,024	0,033	0,042	0,052	0,062	0,073	0,085	0,099	0,113	0,130	0,149	0,171	0,197	0,228	0,265	0,308	0,359	0,416		4,4
4,6	0,000	0,007	0,015	0,023	0,032	0,041	0,051	0,061	0,072	0,084	0,097	0,111	0,127	0,145	0,167	0,191	0,220	0,255	0,296	0,344	0,399		4,6
4,8	0,000	0,006	0,015	0,023	0,032	0,041	0,050	0,060	0,071	0,082	0,095	0,109	0,124	0,142	0,162	0,186	0,213	0,246	0,285	0,330	0,382		4,8
5,0	0,000	0,006	0,014	0,023	0,031	0,040	0,049	0,059	0,070	0,081	0,093	0,107	0,122	0,139	0,158	0,181	0,207	0,238	0,274	0,317	0,367		5,0
5,2	0,000	0,006	0,014	0,022	0,031	0,040	0,049	0,058	0,069	0,080	0,092	0,105	0,119	0,136	0,155	0,176	0,201	0,231	0,265	0,306	0,353		5,2
5,4	0,000	0,006	0,014	0,022	0,030	0,039	0,048	0,057	0,068	0,078	0,090	0,103	0,117	0,133	0,151	0,172	0,196	0,224	0,257	0,295	0,340		5,4

Bảng B.3 (kết thúc)

Đường Pearson (trung vị chuẩn hóa) $P_{50\ \%}$ (phân vị 50). Đổi dấu đối với $\gamma_1 > 0$.																							
Độ nhọn (β_2)	Độ bất đối xứng (γ_1)																						(β_2)
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	
5,6	0,000	0,006	0,014	0,022	0,030	0,039	0,047	0,057	0,067	0,077	0,089	0,101	0,115	0,131	0,148	0,168	0,191	0,218	0,249	0,285	0,328	5,6
5,8	0,000	0,006	0,014	0,022	0,030	0,038	0,047	0,056	0,066	0,076	0,087	0,100	0,113	0,128	0,145	0,164	0,186	0,212	0,242	0,277	0,317	5,8
6,0	0,000	0,006	0,014	0,021	0,029	0,038	0,046	0,055	0,065	0,075	0,086	0,098	0,111	0,126	0,142	0,161	0,182	0,207	0,235	0,268	0,307	6,0
6,2	0,000	0,006	0,013	0,021	0,029	0,037	0,046	0,055	0,064	0,074	0,085	0,097	0,110	0,124	0,140	0,158	0,178	0,202	0,229	0,261	0,298	6,2
6,4	0,000	0,006	0,013	0,021	0,029	0,037	0,045	0,054	0,063	0,073	0,084	0,096	0,108	0,122	0,137	0,155	0,175	0,197	0,223	0,254	0,289	6,4
6,6	0,000	0,006	0,013	0,021	0,028	0,037	0,045	0,054	0,063	0,073	0,083	0,094	0,107	0,120	0,135	0,152	0,171	0,193	0,218	0,247	0,281	6,6
6,8	0,000	0,006	0,013	0,021	0,028	0,036	0,044	0,053	0,062	0,072	0,082	0,093	0,105	0,118	0,133	0,150	0,168	0,189	0,213	0,241	0,273	6,8
7,0	0,000	0,005	0,013	0,020	0,028	0,036	0,044	0,053	0,061	0,071	0,081	0,092	0,104	0,117	0,131	0,147	0,165	0,185	0,209	0,236	0,267	7,0
7,2	0,000	0,005	0,013	0,020	0,028	0,036	0,044	0,052	0,061	0,070	0,080	0,091	0,103	0,115	0,129	0,145	0,162	0,182	0,205	0,230	0,260	7,2
7,4	0,000	0,005	0,013	0,020	0,027	0,035	0,043	0,052	0,060	0,070	0,079	0,090	0,101	0,114	0,128	0,143	0,160	0,179	0,201	0,226	0,254	7,4
7,6	0,000	0,005	0,012	0,020	0,027	0,035	0,043	0,051	0,060	0,069	0,079	0,089	0,100	0,113	0,126	0,141	0,157	0,176	0,197	0,221	0,249	7,6
7,8	0,000	0,005	0,012	0,020	0,027	0,035	0,043	0,051	0,059	0,068	0,078	0,088	0,099	0,111	0,124	0,139	0,155	0,173	0,193	0,217	0,243	7,8
8,0	0,000	0,005	0,012	0,019	0,027	0,034	0,042	0,050	0,059	0,068	0,077	0,087	0,098	0,110	0,123	0,137	0,153	0,170	0,190	0,213	0,238	8,0
8,2	0,000	0,005	0,012	0,019	0,027	0,034	0,042	0,050	0,058	0,067	0,076	0,086	0,097	0,109	0,121	0,135	0,151	0,168	0,187	0,209	0,234	8,2
8,4	0,000	0,005	0,012	0,019	0,026	0,034	0,042	0,050	0,058	0,067	0,076	0,086	0,096	0,108	0,120	0,134	0,149	0,165	0,184	0,205	0,229	8,4
8,6	0,000	0,005	0,012	0,019	0,026	0,034	0,041	0,049	0,057	0,066	0,075	0,085	0,095	0,107	0,119	0,132	0,147	0,163	0,181	0,202	0,225	8,6
8,8	0,000	0,005	0,012	0,019	0,026	0,033	0,041	0,049	0,057	0,066	0,075	0,084	0,094	0,106	0,118	0,131	0,145	0,161	0,179	0,199	0,221	8,8
9,0	0,000	0,005	0,012	0,019	0,026	0,033	0,041	0,049	0,057	0,065	0,074	0,084	0,094	0,105	0,116	0,129	0,143	0,159	0,176	0,196	0,218	9,0
9,2	0,000	0,005	0,012	0,019	0,026	0,033	0,040	0,048	0,056	0,065	0,073	0,083	0,093	0,104	0,115	0,128	0,142	0,157	0,174	0,193	0,214	9,2
9,4	0,000	0,005	0,012	0,019	0,026	0,033	0,040	0,048	0,056	0,064	0,073	0,082	0,092	0,103	0,114	0,127	0,140	0,155	0,172	0,190	0,211	9,4
9,6	0,000	0,005	0,012	0,019	0,025	0,033	0,040	0,048	0,055	0,064	0,072	0,082	0,091	0,102	0,113	0,125	0,139	0,153	0,170	0,188	0,208	9,6
9,8	0,000	0,005	0,012	0,018	0,025	0,032	0,040	0,047	0,055	0,063	0,072	0,081	0,091	0,101	0,112	0,124	0,137	0,152	0,168	0,185	0,205	9,8
10,0	0,000	0,005	0,011	0,018	0,025	0,032	0,040	0,047	0,055	0,063	0,071	0,080	0,090	0,100	0,111	0,123	0,136	0,150	0,166	0,183	0,202	10,0
10,2	0,000					0,032	0,039	0,047	0,054	0,063	0,071	0,080	0,089	0,099	0,110	0,122	0,135	0,149	0,164	0,181	0,200	10,2
10,4	0,000					0,032	0,039	0,047	0,054	0,062	0,071	0,079	0,089	0,099	0,109	0,121	0,133	0,147	0,162	0,179	0,197	10,4
10,6	0,000						0,039	0,046	0,054	0,062	0,070	0,079	0,088	0,098	0,109	0,120	0,132	0,146	0,160	0,177	0,195	10,6
10,8	0,000							0,046	0,054	0,061	0,070	0,078	0,088	0,097	0,108	0,119	0,131	0,144	0,159	0,175	0,192	10,8
11,0	0,000								0,053	0,061	0,069	0,078	0,087	0,097	0,107	0,118	0,130	0,143	0,157	0,173	0,190	11,0
11,2	0,000									0,061	0,069	0,078	0,087	0,096	0,106	0,117	0,129	0,142	0,156	0,171	0,188	11,2
11,4	0,000										0,069	0,077	0,086	0,095	0,105	0,116	0,128	0,141	0,154	0,169	0,186	11,4
11,6	0,000										0,068	0,077	0,086	0,095	0,104	0,116	0,127	0,139	0,153	0,168	0,184	11,6
11,8	0,000											0,076	0,085	0,094	0,104	0,115	0,126	0,138	0,152	0,166	0,182	11,8
12,0	0,000											0,076	0,085	0,094	0,104	0,114	0,125	0,137	0,150	0,165	0,181	12,0
12,2	0,000												0,084	0,093	0,103	0,113	0,124	0,136	0,149	0,163	0,179	12,2

Phụ lục C

(tham khảo)

Xác định phân bố

C.1 Khái quát

Đôi khi, dạng phân bố được biết trước hoặc có thể giả định hợp lý và có thể xác nhận bằng kiểm nghiệm tính phù hợp. Cách tiếp cận này để ước lượng các tham số của phân bố đó và sử dụng chúng để rút ra các đại lượng liên quan từ đó thu được ước lượng năng lực. Tỷ lệ nằm ngoài qui định có thể được ước lượng trực tiếp.

Phương pháp dùng với một số phân bố thường gặp được minh họa dưới đây.

C.2 Phân bố chuẩn

Nếu $X_1, \ldots, X_N$ là mẫu lấy từ phân bố chuẩn có trung bình μ và phương sai σ^2, ước lượng của μ và σ^2 là

$$\hat{\mu} = \overline{X} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} X_i$$

và

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(X_i - \overline{X})^2$$

Các chỉ số năng lực có thể lần lượt được ước lượng bằng công thức cho trong tiêu chuẩn này. Theo đó:

$$\hat{C}_{\mathrm{p}} = \frac{U-L}{6\hat{\sigma}}$$

$$\hat{C}_{\mathrm{pk}U} = \frac{U-\hat{\mu}}{3\hat{\sigma}}$$

$$\hat{C}_{\mathrm{pk}L} = \frac{\hat{\mu}-L}{3\hat{\sigma}}$$

và, cuối cùng,

$$\hat{C}_{\mathrm{pk}} = \min(\hat{C}_{\mathrm{pk}L}, \hat{C}_{\mathrm{pk}U})$$

Tỷ lệ cá thể nằm ngoài quy định ước lượng thấp hơn L được tính là:

$$\hat{p}_L = 1 - \Phi(3\hat{C}_{\mathrm{pk}L})$$

và tỷ lệ cá thể nằm ngoài quy định ước lượng cao hơn U được tính là:

$$\hat{p}_U = 1 - \Phi(3\hat{C}_{\mathrm{pk}U})$$

ở đây Φ ký hiệu cho hàm phân bố của phân bố chuẩn chuẩn hóa. Tính toán thực tế của $\hat{p}_L$ và $\hat{p}_U$ có thể được thực hiện như đề cập trong 5.8.

C.3 Phân bố loga chuẩn

C.3.1 Khái quát

Phân bố loga chuẩn với các tham số μ và σ có hàm mật độ xác suất

$$f(x) = \frac{1}{X\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{(\log X - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

trong đó $X > 0$ và log ký hiệu logarit tự nhiên, nghĩa là logarit cơ số e. Khi X có phân bố loga chuẩn với các tham số μ và σ thì $\log X$ có phân bố chuẩn với trung bình μ và phương sai σ^2.

Nếu $X_1, \ldots, X_N$ là mẫu lấy từ phân bố loga chuẩn, dữ liệu có thể được biến đổi thành chuẩn bằng cách lấy logarit $\log X_1, \ldots, \log X_N$. Sau đó, có thể sử dụng các tính toán ở C.2. Một cách khác, có thể tính trực tiếp theo thang đo ban đầu của phép đo. Hai phương pháp này được đề cập dưới đây. Trong cả hai trường hợp, các tham số được ước lượng là:

$$\hat{\mu} = \overline{X} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} X_i$$

và

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(X_i - \overline{X})^2$$

C.3.2 Phân bố loga chuẩn – Biến đổi thành chuẩn

Giới hạn quy định trên và dưới phải được biến đổi để chúng trở thành $\log U$ và $\log L$. Sau đó, có thể sử dụng các công thức ở C.2. Ví dụ, các ước lượng của C_{p}, $C_{\mathrm{pk}L}$ và $C_{\mathrm{pk}U}$ có thể được tính là:

$$\hat{C}_{\mathrm{p}} = \frac{\log U - \log L}{6\hat{\sigma}}$$

$$\hat{C}_{\mathrm{pk}U} = \frac{\log U - \hat{\mu}}{3\hat{\sigma}}$$

$$\hat{C}_{\mathrm{pk}L} = \frac{\hat{\mu} - \log L}{3\hat{\sigma}}$$

$C_{\mathrm{pk}L}$ và $C_{\mathrm{pk}U}$ có thể lần lượt được đưa vào công thức thích hợp ở C.2 để tính tỷ lệ nằm ngoài qui định ước lượng.

C.3.3 Phân bố loga chuẩn – Thang đo gốc

Phân vị của phân bố loga chuẩn là:

$$X_\alpha = \exp(\sigma\Phi^{-1}(\alpha) + \mu)$$

trong đó Φ^{-1} là nghịch đảo của hàm phân bố của phân bố chuẩn chuẩn hóa. Cụ thể:

$$X_{0,135\ \%} = e^{-3\sigma+\mu}$$

$$X_{50\ \%} = e^{\mu}$$

$$X_{99,865\ \%} = e^{3\sigma+\mu}$$

và các chỉ số ước lượng là:

$$\hat{C}_p = \frac{U - L}{e^{3\hat{\sigma}+\hat{\mu}} - e^{-3\hat{\sigma}+\hat{\mu}}}$$

$$\hat{C}_{pkU} = \frac{U - e^{\hat{\mu}}}{e^{3\hat{\sigma}+\hat{\mu}} - e^{\hat{\mu}}}$$

$$\hat{C}_{pkL} = \frac{e^{\hat{\mu}} - L}{e^{\hat{\mu}} - e^{-3\hat{\sigma}+\hat{\mu}}}$$

Các chỉ số này sẽ khác biệt về số so với các chỉ số thu được bằng cách biến đổi nêu trong C.3.2. Chủ sở hữu quá trình có các cá thể phân bố loga chuẩn có thể xây dựng "cảm nhận" đối với các chỉ số nhưng việc giải thích không nên dựa trên các điểm ngưỡng sử dụng cho chỉ số được tính với dữ liệu chuẩn.

Tính tỷ lệ cá thể nằm ngoài quy định ước lượng được tính bằng cách sử dụng các giới hạn quy định và hàm phân bố của phân bố loga chuẩn. Do đó:

$$\hat{p}_L = \Phi\left(\frac{\log L - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}}\right)$$

và

$$\hat{p}_U = 1 - \Phi\left(\frac{\log U - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}}\right)$$

Các ước lượng này giống hệt các ước lượng thu được bằng cách biến đổi nêu trong C.3.2.

C.4 Phân bố Rayleigh

Phân bố này hầu như chỉ sử dụng riêng để mô tả vị trí, vấn đề lệch tâm và tràn theo hai chiều. Trong những tình huống này, thường chỉ có giới hạn quy định một phía, U.

Phân bố Rayleigh có hàm phân bố

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\frac{X^2}{2\theta^2}\right)$$

trong đó $X > 0$ và θ là tham số dương. Nếu $X_1, \ldots, X_N$ là mẫu lấy từ phân bố Rayleigh thì tham số θ được ước lượng bởi:

$$\hat{\theta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} X_i^2}{2N}}$$

và tỷ lệ cá thể nằm ngoài quy định ước lượng được cho bởi:

$$\hat{p}_U = \exp\left(\frac{NU^2}{\sum_{i=1}^{N} X_i^2}\right)$$

C.5 Phân bố Weibull

Đây là phân bố có tính linh hoạt cao. Phân bố này thường được sử dụng trong phân tích dữ liệu thu thập trong quá trình nghiên cứu độ tin cậy khi các dạng mô tả dữ liệu thường bất thường và không chuẩn. Phân bố này có ba tham số:

1) ξ tham số thang đo;

2) β tham số hình dạng; và

3) γ tham số vị trí, thường giả định bằng 0.

Có những trường hợp nghiên cứu năng lực không tạo ra dữ liệu theo dạng phân bố chuẩn nhưng có thể sử dụng phân bố Weibull để mô tả dữ liệu và sau đó đưa ra cách tính thước đo năng lực hoặc hiệu năng.

Hàm phân bố của phân bố Weibull là:

$$F(X) = 1 - \exp\left(-\left(-\frac{X-\gamma}{\xi}\right)^{\beta}\right)$$

và do đó phân vị của phân bố Weibull là:

$$X_{\alpha\%} = Y + \xi(-\log(1-p))^{-\beta}$$

Đặc biệt, có thể tính các phân vị $X_{0,135\ \%}$, $X_{50\ \%}$ và $X_{99,865\ \%}$, kết quả là các chỉ số năng lực. Quan trọng hơn là tỷ lệ cá thể nằm ngoài quy định là:

$$P_L = F(L) = 1 - \exp\left(-\left(-\frac{L-\gamma}{\xi}\right)^{\beta}\right)$$

và

$$P_U = 1 - F(U) = \exp\left(-\left(-\frac{U-\gamma}{\xi}\right)^{\beta}\right)$$

Tỷ lệ cá thể nằm ngoài quy định ước lượng thu được bằng cách sử dụng ước lượng của các tham số.

C.6 Phân bố nửa chuẩn

Phân bố nửa chuẩn, thường được dùng để mô tả độ biến động trong đặc trưng có qui định về dung sai hình học. Trường hợp này đưa ra qui định một phía. Nó thường áp dụng khi các đặc trưng hình học, dạng và hướng được qui định.

Phân bố nửa chuẩn, với tham số μ và σ, có hàm mật độ xác suất:

$$f(x) = \frac{2}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\frac{|X-\mu|}{\sigma}\right]^2\right\}$$

trong đó $0 \le X < \infty$.

Phân bố nửa chuẩn tỷ lệ với phân bố chuẩn. Do đó, có thể tính tỷ lệ ước lượng của phân bố này bằng cách sử dụng bảng phân bố chuẩn chuẩn hóa với giá trị bảng thích hợp nhân với 2.

C.7 Các phân bố khác

Các phân bố được nêu ở trên là những phân bố thường gặp. Có nhiều loại phân bố khác mà người đọc có thể tìm trong rất nhiều sách về thống kê học.

Phụ lục D

(tham khảo)

Khoảng tin cậy

D.1 Phân bố chuẩn

D.1.1 Khái quát

Điều quan trọng đối với những người tính được chỉ số năng lực là nhận biết được rằng giá trị tính được chỉ là ước lượng cho giá trị thực của chỉ số đó. Thông thường, lượng dữ liệu sử dụng để tính chỉ số càng lớn thì ước lượng sẽ càng tốt. Nội dung dưới đây nhằm báo hiệu cho người đọc thực tế này và đưa ra phương pháp tính toán khoảng tin cậy cho các chỉ số.

Các tính toán khoảng tin cậy chỉ thích hợp khi thước đo vị trí được chọn là trung bình chứ không phải trung vị.

D.1.2 Phân bố chuẩn – Phương pháp công thức

Khoảng tin cậy 1 – α là:

$$\hat{C}_{\mathrm{p}} \pm z_{1-\alpha/2}\frac{\hat{C}_{\mathrm{p}}}{\sqrt{2N-2}}$$

$$\hat{C}_{\mathrm{pk}U} \pm z_{1-\alpha/2}\sqrt{\frac{1}{9N}+\frac{\hat{C}^2_{\mathrm{pk}U}}{2N-2}}$$

$$\hat{C}_{\mathrm{pk}L} \pm z_{1-\alpha/2}\sqrt{\frac{1}{9N}+\frac{\hat{C}^2_{\mathrm{pk}L}}{2N-2}}$$

trong đó z là biến chuẩn hóa của phân bố chuẩn. Tính toán này cần được thực hiện với ít nhất 50 số đọc.

CHÚ THÍCH: Các công thức này giả định chỉ số ước lượng được tính toán bằng cách sử dụng độ lệch chuẩn dựa trên cỡ mẫu tổng (N).

D.1.3 Phân bố chuẩn – Phương pháp bảng cho chỉ số C_{p}

D.1.3.1 Khái quát

Ví dụ về phương pháp ước lượng khoảng tin cậy cho chỉ số C_{p} được trình bày ở D.1.3.2.

Phương pháp này yêu cầu tra các hệ số K_{l} và K_{u} từ Bảng D.1. Các giá trị này khác biệt tùy theo ước lượng C_{p} dựa trên bao nhiêu số đọc. Chỉ số được nhân với các hệ số này để cho khoảng tin cậy. Tính toán cần được thực hiện với ít nhất 50 số đọc.

Ví dụ, khoảng tin cậy 95 % sẽ là:

$$K_{l95\,\%}\ \hat{C}_p \le C_p \le K_{u95\,\%}\ \hat{C}_p$$

D.1.3.2 Qui trình và ví dụ

a) Ghi giá trị C_p ước lượng và cỡ mẫu tổng:

$\hat{C}_p$ = 1,20 và N = 100

b) Chọn mức tin cậy yêu cầu

Mức tin cậy = 95 %

c) Tra hệ số từ Bảng D.1:

$K_{l95\,\%}$ = 0,86

$K_{u95\,\%}$ = 1,14

d) Tính khoảng tin cậy

$K_{l95\,\%}\hat{C}_p \le C_p \le K_{u95\,\%}\hat{C}_p$

0,86 x 1,20 $\le C_p \le$ 1,14 x 1,20

1,03 $\le C_p \le$ 1,37

Bảng D.1 – Hệ số dùng cho khoảng tin cậy của chỉ số C_p

Khoảng tin cậy	Hệ số	Cỡ mẫu tổng, N				
		50	75	100	150	300
90 %	K_l	0,83	0,86	0,88	0,90	0,93
	K_u	1,16	1,13	1,12	1,09	1,07
95 %	K_l	0,80	0,84	0,86	0,89	0,92
	K_u	1,20	1,16	1,14	1,11	1,08
99 %	K_l	0,75	0,79	0,82	0,85	0,90
	K_u	1,26	1,21	1,18	1,15	1,11

D.2 Các khoảng tin cậy khác

Khoảng tin cậy dùng cho các chỉ số tính toán khác (không phải ước lượng bằng đồ thị) có thể thấy cho các phân bố không chuẩn cũng như cho phân bố chuẩn.

Phụ lục E

(tham khảo)

Ví dụ về đầu ra của phần mềm máy tính

Ví dụ này được minh họa bằng cách sử dụng phần mềm MINITAB™, [2)]

Measurement

5	4	5	4	6	8	4	4	4	6	9	6	5	4	4
7	11	3	3	5	5	5	6	6	6	5	7	5	7	8
4	7	7	6	4	5	6	4	7	5	5	3	8	9	5
10	6	2	6	3										

Table of Percentiles

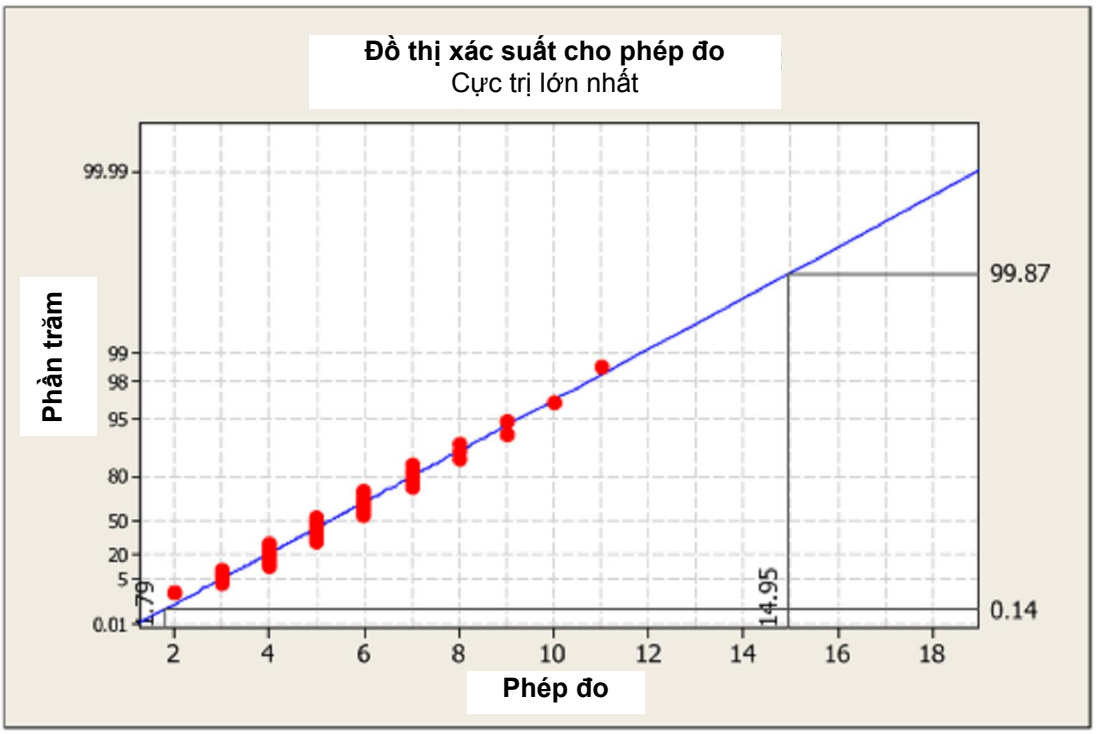
Distribution	Percent	Percentiles	Standard Error	95.0% CI	
Largest Extreme Value	0.135	1.79066	0.326324	1.2	2.4

Distribution	Percent	Percentiles	Standard Error	95.0% CI	
Largest Extreme Value	50	5.28275	0.257354	4.8	5.8

Distribution	Percent	Percentiles	Standard Error	95.0% CI	
Largest Extreme Value	99.865	14.9478	1.19875	12.6	17.3

Đồ thị xác suất được thể hiện trên Hình E.1

[2)] MINITAB™ là tên thương mại của sản phẩm do Minitab cung cấp. Thông tin này đưa ra nhằm tạo thuận lợi cho người sử dụng tiêu chuẩn này và không phải là chứng thực cho sản phẩm này. Có thể sử dụng các sản phẩm tương đương nếu chúng chứng tỏ dẫn đến kết quả tương tự.


Đồ thị xác suất cho phép đo
Cực trị lớn nhất
Phần trăm
99.99
99
98
95
80
50
20
5
0.01
99.87
0.14
14.95
2
4
6
8
10
12
14
16
18
Phép đo

Hình E.1

Thư mục tài liệu tham khảo

[1] TCVN 8244-1 (ISO 3534-1), Thống kê học – Từ vựng và ký hiệu – Phần 1: Thuật ngữ chung về thống kê và thuật ngữ dùng trong xác suất

[2] TCVN 8244-2 (ISO 3534-2), Thống kê học – Từ vựng và ký hiệu – Phần 2: Thống kê ứng dụng

[3] TCVN 9603 (ISO 5479), Giải thích dữ liệu thống kê – Kiểm nghiệm sai lệch so với phân bố chuẩn

[4] TCVN 9945-1 (ISO 7870-1), Biểu đồ kiểm soát – Phần 1: Hướng dẫn chung

[5] ISO 8258, *Shewhart control charts* (Biểu đồ kiểm soát Shewhart) [3)]

[6] TCVN ISO 9000:2007 (ISO 9000:2005), Hệ thống quản lý chất lượng – Cơ sở và từ vựng

[7] ISO/IEC 12207:1995, *Information technology – Software life cycle processes* (Công nghệ thông tin – Các quá trình vòng đời phần mềm)

[8] STEPHENS, M.A. Anderson-Darling Test for Goodness of Fit. In.: *Encyclopedia of Statistical Sciences.* Vol. 1, pp. 81-85, (eds. Johnson, N.L. and Kotz, S.), Wiley Interscience, 1982, ISBN 0-471-05546-8 (Từ điển bách khoa về khoa học thống kê)

[9] KOTZ, S. and LOVELACE, C.R. *Process Capability Indices in Theory and Practice*. Hodder Arnold, 1998 (Chỉ số năng lực quá trình trên lý thuyết và thực hành)

[10] CLEMENTS, J.A. Process capability calculations for non-normal distributions. *Quality Process*, 22 (1989), pp. 95-100 (Tính năng lực quá trình đối với phân bố không phải phân bố chuẩn)

[3)] Tiêu chuẩn này hiện đã được soát xét và thay thế bằng ISO 7870-2:2013.