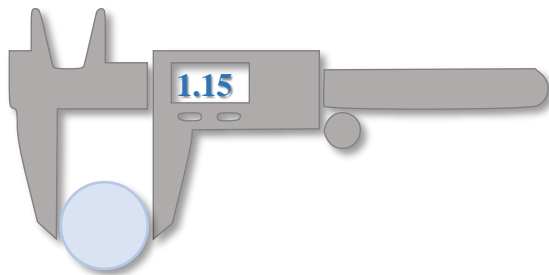


Sterowanie jakością

Analiza systemów pomiarowych



*„Dane są tak dobre,
jak system lub proces, który je gromadzi.”*

Materiały

<http://pracownicy.uz.zgora.pl/ipajak/>

Pomiar

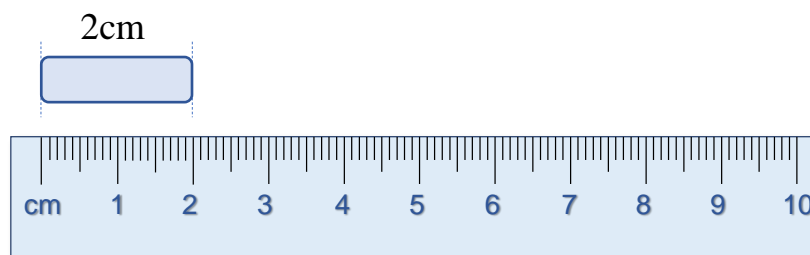
czynności mające na celu wyznaczenie wartości wielkości fizycznej*

Cel pomiaru

określenie wartości liczbowej mierzonej wielkości

Wynik pomiaru

ustalany poprzez porównanie wielkości mierzonego obiektu z wielkością przyjętą za jednostkę miary tej wielkości



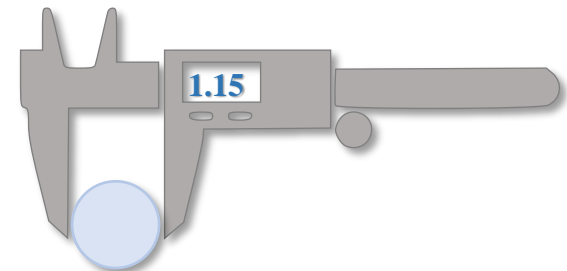
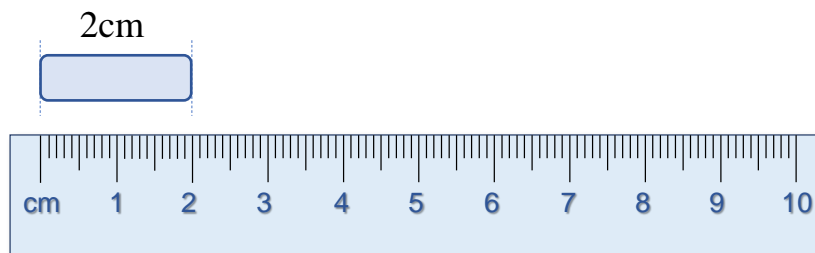
Przyrządy pomiarowe

urządzenia przeznaczone do wykonywania pomiarów (samodzielnie lub w połączeniu z innymi urządzeniami) i odtwarzania wartości wielkości fizycznych*

System pomiarowy, układ pomiarowy

usystematyzowany zbiór urządzeń służący do pomiaru¹

jest zbiorem instrumentów lub przyrządów, norm, operacji, metod, osprzętu, oprogramowania, personelu, środowiska i założeń stosowanych do ilościowego określenia jednostki miary lub ustalenia oceny mierzonej cechy, całkowity proces używany do uzyskania pomiarów²



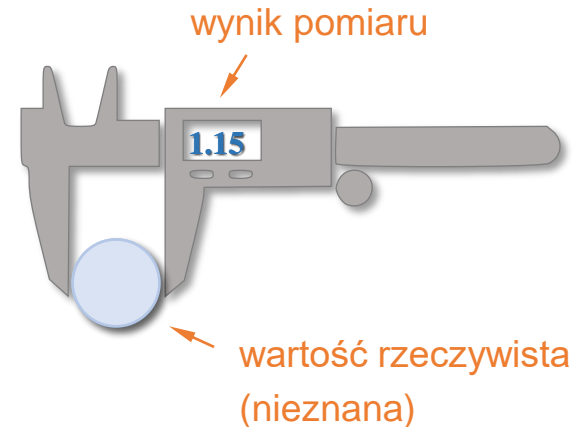
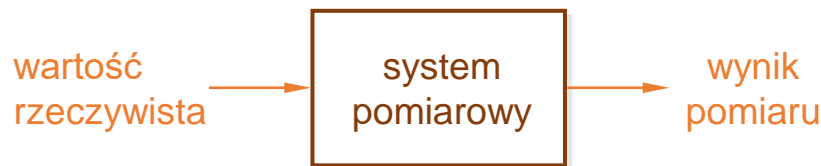
¹Encyklopedia PWN, ²Measurement Systems Analysis, 4th ed., Reference manual, AIAG-Work Group

Wynik pomiaru a wartość rzeczywista

Wynik pomiaru

jest przybliżeniem rzeczywistej wielkości mierzonej (która jest nieznana bo jest mierzona), ze względu na występowanie ograniczeń przyrządów i metod pomiarowych **wynik pomiaru** różni się od rzeczywistej wielkości mierzonej:

$$\text{błąd pomiaru} = \text{wynik pomiaru} - \text{wartość rzeczywista}$$



Przyczyny niedokładności pomiarów

- niedokładność przyrządów pomiarowych
- niedokładność metod pomiarowych
- wpływ operatora odczytującego wynik
- wpływ czynników zewnętrznych

Niedokładność pomiaru – terminologia

Miary niedokładności pomiarów (terminologia)¹

- uchyb pomiarowy² (stosowane przez elektryków)
- błąd pomiaru³ (*podstawy teoretyczne: Teoria błędów*)

$$\delta x = x - x_{true}$$

x – wynik pomiaru, x_{true} – wartość prawdziwa

- niepewność pomiaru⁴ (*podstawy teoretyczne: Teoria niepewności*)

niepewność oznacza wątpliwość co do wartości wyniku pomiaru,
w ⁴ niepewność pomiaru definiowana jest jako:

parametr związany z wynikiem pomiaru, charakteryzujący rozrzut wartości, które można w uzasadniony sposób przypisać wielkości mierzonej

¹Świsulski D., Golijanek-Jędrzejczyk A., Wyrażanie niedokładności pomiaru – błąd czy niepewność?

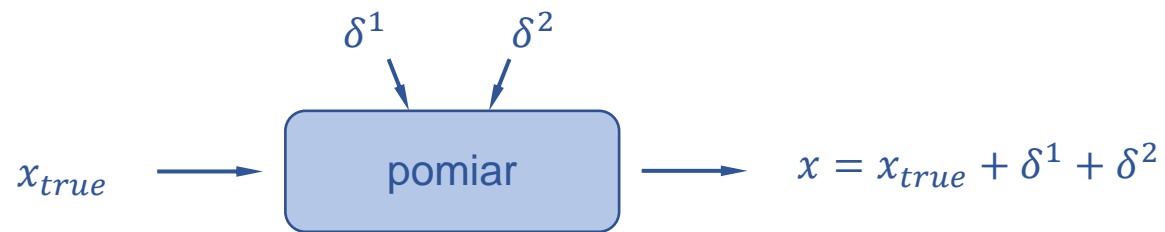
²Słownictwo elektrotechniczne polskie, Stowarzyszenie Elektryków Polskich, 1936

³PN-N-02050: Metrologia. Nazwy i określenia, 1971

⁴Wyrażanie niepewności pomiaru. Przewodnik, Główny Urząd Miar, 1999

Przykład 1. (na podstawie*)

Rozważmy pomiary zmiennej x , która ma stałą wartość prawdziwą równą x_{true} . Załóżmy, że wykonanych zostało n pomiarów tej zmiennej i że na pomiary nakładają się błędy pochodzące z 2 źródeł δ^1 i δ^2 . Źródło δ^1 generuje błąd, który nie zmienia się w trakcie pomiarów (wartość błędu jest równa β) a źródło δ^2 błąd zmienny (oznaczany jako ϵ).



Wyniki kolejnych pomiarów wynoszą w tym przypadku:

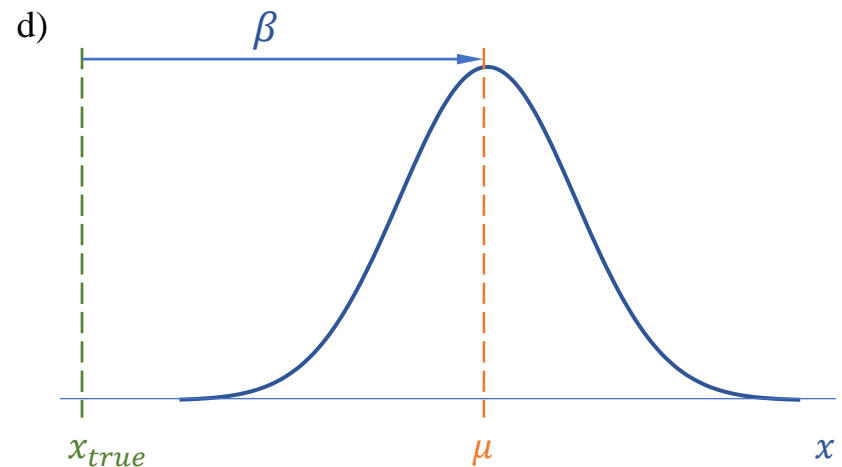
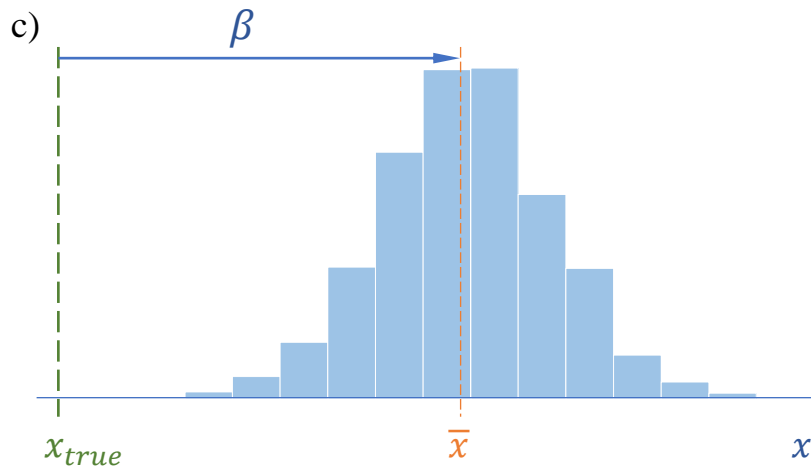
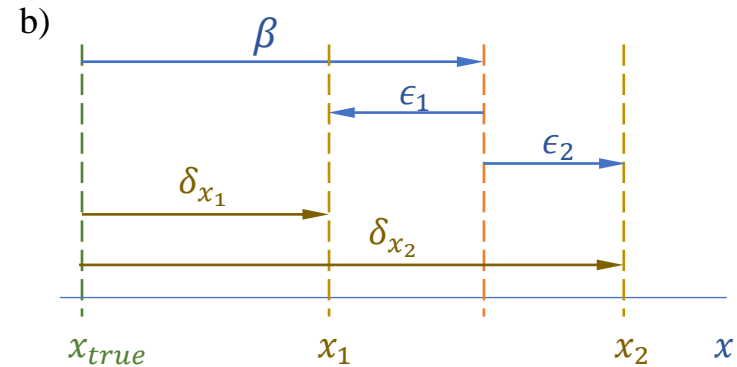
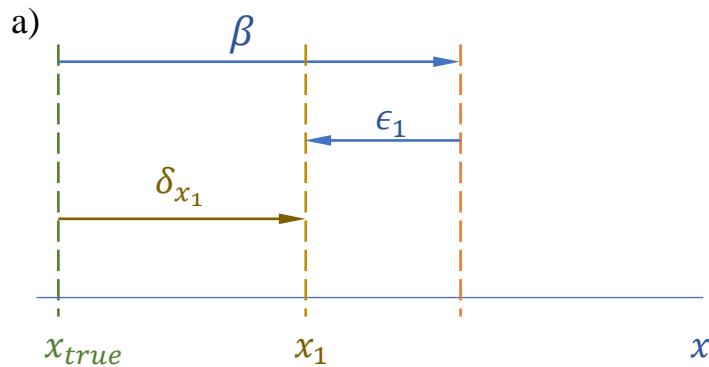
$$x_1 = x_{true} + \beta + \epsilon_1$$

...

$$x_n = x_{true} + \beta + \epsilon_N$$

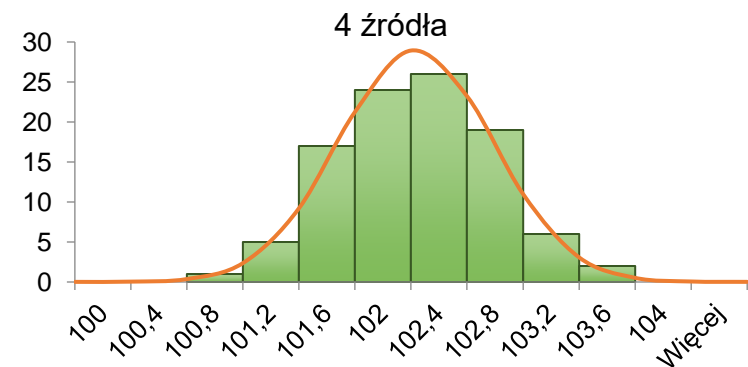
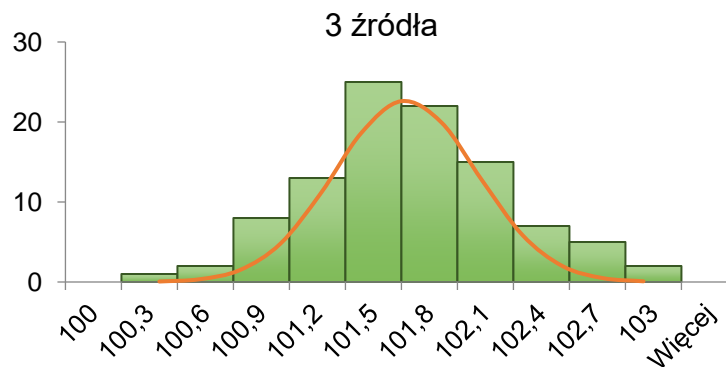
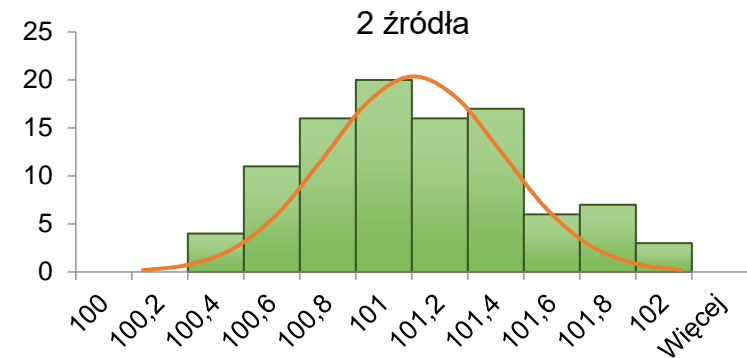
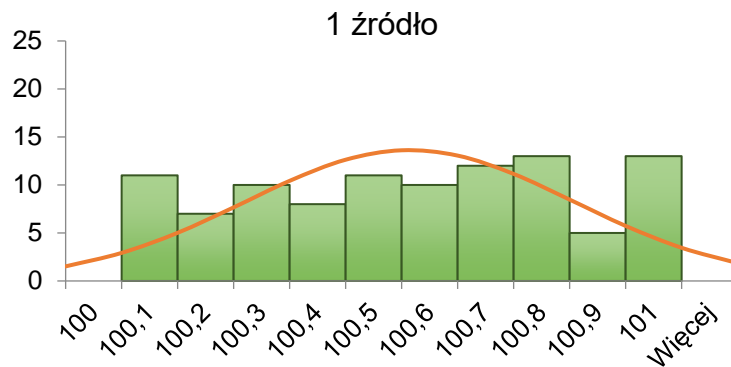
*Coleman H. W., Steele W. G., *Experimentation, Validation and Uncertainty Analysis for Engineers*, John Wiley & Sons, New Jersey 2009

Przykład 1.



a) wykonany pomiar 1., b) wykonany pomiar 2., c) histogram z N pomiarów pokazuje rozkład empiryczny mierzonej wartości, d) rozkład teoretyczny mierzonej wartości (β – błąd systematyczny (stały), ϵ_1, ϵ_2 – błędy przypadkowe (zmiennne), $\delta_{x_1}, \delta_{x_2}$ – błędy pomiarów 1. i 2. równe sumie błęd systematycznego i przypadkowego, \bar{x}, s, μ, σ – parametry rozkładu empirycznego i teoretycznego)

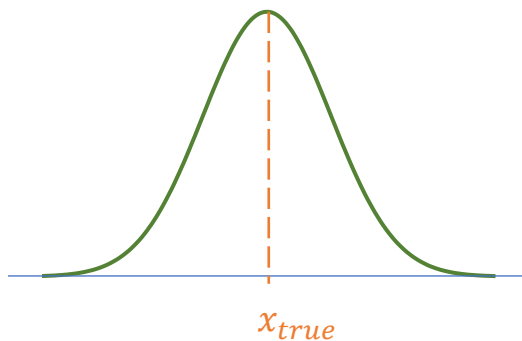
Wpływ błędów pomiarowych na wynik pomiaru



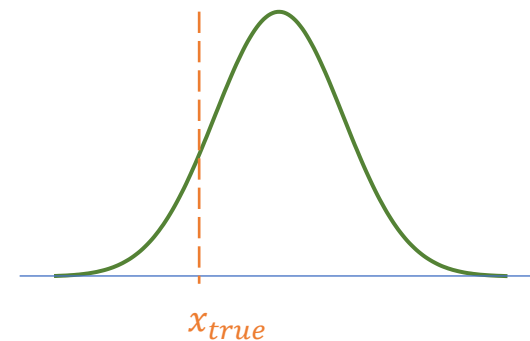
$$x_{true} = 100, \delta_i \sim U(0,1) \text{ (źródła o rozkładzie jednostajnym)}$$

$$\text{błąd pomiaru} = \text{błąd przypadkowy} + \text{błąd systematyczny}$$

- błędy przypadkowe są konsekwencją nieprzewidywalnych czynników wpływających na pomiar
- przyczyny błędów systematycznych mogą być zidentyfikowane i w pewnym stopniu błędy systematyczne mogą być ograniczone



błąd pomiaru zawiera wyłącznie błąd przypadkowy



błąd pomiaru zawiera błędy przypadkowy i systematyczny

— rozkład \bar{x} z ($n = \infty$) liczby wyników pomiarów tej samej wielkości mierzonej

Błąd przypadkowy* to wynik pomiaru pomniejszony o średnią wynikającą z nieskończonej liczby pomiarów tej samej wielkości mierzonej przeprowadzonych w warunkach powtarzalności, tzn.:

$$\text{błąd przypadkowy} = x - \bar{x}$$

Błąd systematyczny* to średnia z nieskończonej liczby pomiarów tej samej wielkości mierzonej przeprowadzonych w warunkach powtarzalności pomniejszona o rzeczywistą wartość wielkości mierzonej, tzn.:

$$\text{błąd systematyczny} = \bar{x} - x_{true}$$

$$\begin{array}{ccccc} \text{błąd} & & \text{błąd} & & \text{błąd} \\ \text{przypadkowy} & + & \text{systematyczny} & = & \text{pomiaru} \\ x - \bar{x} & & \bar{x} - x_{true} & & x - x_{true} \end{array}$$

*Wyrażanie niepewności pomiaru. Przewodnik, Główny Urząd Miar

warunki powtarzalności dotyczą pomiarów przeprowadzanych:

- z użyciem tej samej procedury pomiarowej,
- tego samego przyrządu pomiarowego,
- w takich samych warunkach,
- przez tego samego operatora,
- z powtórzeniami w krótkich odstępach czasu

Niepewność pomiaru (ang. uncertainty)

parametr związany z wynikiem pomiaru, charakteryzujący rozrzut wartości, które można w uzasadniony sposób przypisać wielkości mierzonej,

(niepewność pomiaru odzwierciedla brak dokładnej wiedzy o wartości wielkości prawdziwej)

Niepewność standardowa u (ang. standard uncertainty)

niepewność wyniku pomiaru wyrażona za pomocą odchylenia standardowego

Niepewność rozszerzona U (ang. expanded uncertainty)

wielkość określająca przedział wokół wyniku pomiaru, co do którego można oczekiwać, że obejmie dużą część rozkładu wartości, które można w uzasadniony sposób przypisać wielkości mierzonej, niepewność wyznacza się wykorzystując współczynnik rozszerzenia k (zwykle $k \in [2, 3]$) jako

$$U = k \cdot u$$

*Wyrażanie niepewności pomiaru. Przewodnik, Główny Urząd Miar

metoda oceny niepewności typu A (ang. type A evaluation of uncertainty)

metoda oceny za pomocą analizy statystycznej **serii pojedynczych obserwacji**

metoda oceny niepewności typu B (ang. type B evaluation of uncertainty)

metoda oceny za pomocą metod **innych niż analiza statystyczna serii obserwacji**, w analizie wykorzystywane mogą być np.:

- wcześniejsze wyniki pomiarów
- specyfikacja producenta używanych przyrządów pomiarowych (w specyfikacji miernika może być podany zakres zmienności)
- wiedza z podręczników

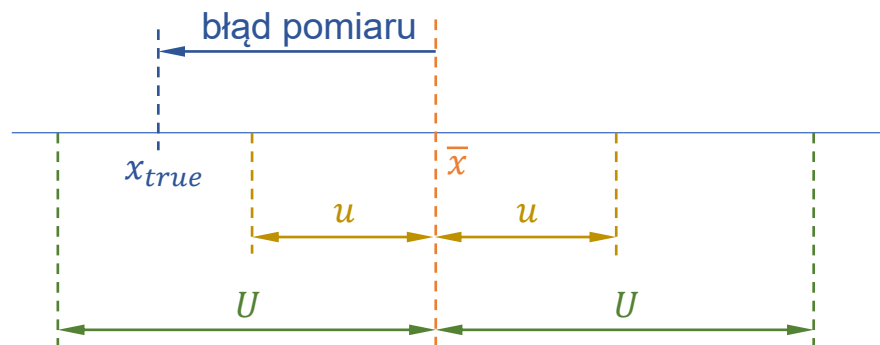
Niepewność standardowa typu A

Dysponując obserwacjami x_1, x_2, \dots, x_n , wielkość prawdziwą szacuje się wykorzystując średnią arytmetyczną wykonanych pomiarów

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Niepewność standardowa jest wyrażona za pomocą odchylenia standardowego, w tym przypadku odchylenia standardowego średniej

$$u = s(\bar{x}) = \frac{1}{\sqrt{n}} s(x) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum (x_i - \bar{x})^2}$$



*Wyrażanie niepewności pomiaru. Przewodnik, Główny Urząd Miar

Niepewność standardowa typu B

Specyfikacja urządzenia pomiarowego może zawierać

- tylko zakres zmienności $[a_-, a_+]$
- zakres zmienności $[a_-, a_+]$ i wartość oczekiwaną
- przedział ufności $[a_-, a_+]$ o podanym poziomie ufności p

Tolerance in °C (+/-)		
1.5		
3.0		
Range	Resolution	± 5 °C f
		24 Hours
99 % Confidence Level		
220 mV	10 nV	5 + 0.5
2.2 V	100 nV	3.5 + 0.8

Dodatkowo zakres zmienności jest zwykle symetryczny względem mierzonej wartości x (połowa szerokości tego przedziału wynosi $a = \frac{1}{2}(a_+ - a_-)$). Niepewność standardowa wyznaczana jest na podstawie odchylenie standardowego.

rozkład wyników	odchylenie standardowe	uwagi
prostokątny	$\frac{1}{\sqrt{3}} a$	najczęściej stosowany, wykorzystywany, gdy podany jest zakres zmienności
trójkątny	$\frac{1}{\sqrt{6}} a$	wykorzystywany, gdy podany jest zakres zmienności w przypadku gdy wartości znajdujące się w pobliżu środka przedziału są bardziej prawdopodobne
normalny	zależy od p	wykorzystywany, gdy podany jest przedział ufności

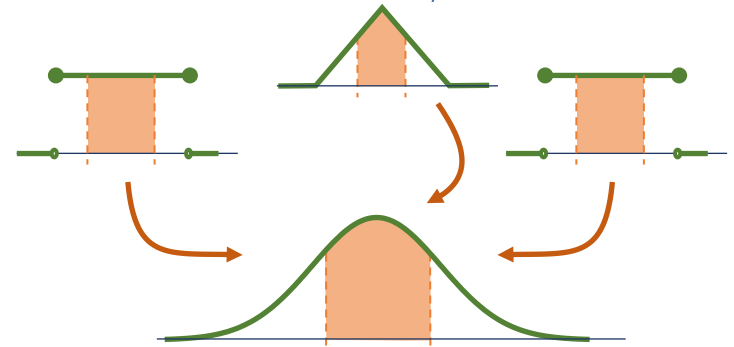
Niepewność standardowa typu B

rozkład		
prostokątny	trójkątny	normalny
<p> $\mu - a$ μ $\mu + a$ x $\mu - \frac{1}{\sqrt{3}} a$ $\mu + \frac{1}{\sqrt{3}} a$ </p>	<p> $\mu - a$ μ $\mu + a$ x $\mu - \frac{1}{\sqrt{6}} a$ $\mu + \frac{1}{\sqrt{6}} a$ </p>	<p> $\mu - a$ μ $\mu + a$ x $\mu - \frac{1}{k_p} a$ $\mu + \frac{1}{k_p} a$ </p>
$\sigma = \frac{1}{\sqrt{3}} a$	$\sigma = \frac{1}{\sqrt{6}} a$	$\sigma = \frac{1}{k_p} a$

wsp. rozszerzenia k_p	poziom ufności p [%]
1	68,27
1,645	90
1,96	95
2	95,45
2,576	99
3	99,73

Złożona niepewność standardowa u_c (ang. combined standard uncertainty)

niepewność standardowa wyniku pomiaru, gdy wynik ten jest otrzymany z innych wielkości (połączona niepewność typu A i typu B, niepewność pomiarów pośrednich),



niepewność złożona jest liczona jako*:

$$u_c = \sqrt{\sum c_i^2 \cdot u_i^2}$$

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2}$$

c_i – współczynniki wrażliwości (wykorzystywane jeśli składane niepewności są wyrażane w różnych jednostkach, przy wyznaczaniu niepewności złożonej pomiarów pośrednich, $c_i = 1$ dla niepewności niezależnych)

u_i – niepewności standardowe składowe

- * dla niezależnych (nieskorelowanych) zmiennych losowych obowiązuje $\sigma^2(X + Y) = \sigma^2(X) + \sigma^2(Y)$ więc składanie niepewności wymaga wyznaczenia pierwiastka z sumy ich kwadratów

Wynik i niepewność pomiaru – podsumowanie

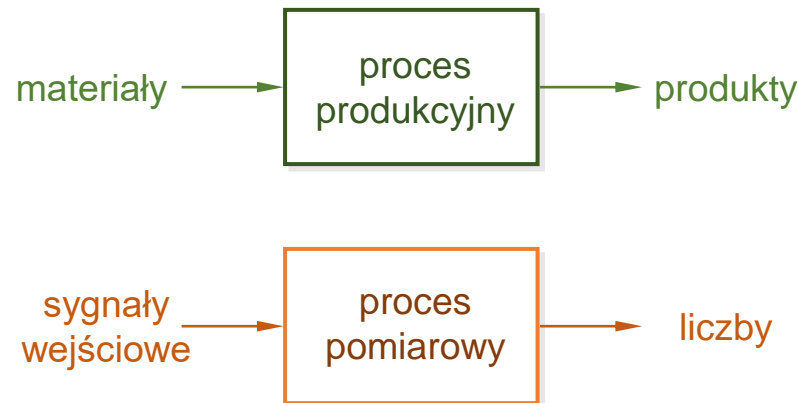
Wynik pomiaru to zmienna losowa (wyniki pomiarów przyjmują określone wartości liczbowe z pewnym prawdopodobieństwem)

Niepewność pomiaru opisuje rozrzut wartości wielkości mierzonej

metoda oceny	wynik pomiaru	niepewność standardowa
typ A	<ul style="list-style-type: none">• średnia arytmetyczna wykonanych pomiarów	<ul style="list-style-type: none">• odchylenie standardowe średniej wykonanych pomiarów
typ B	<ul style="list-style-type: none">• specyfikacja producenta• posiadane doświadczenie• wartość oczekiwana z przyjętego rozkładu prawdopodobieństwa• ...	<ul style="list-style-type: none">• specyfikacja producenta• posiadane doświadczenie• pierwiastek kwadratowy z wariancji przyjętego rozkładu prawdopodobieństwa• ...

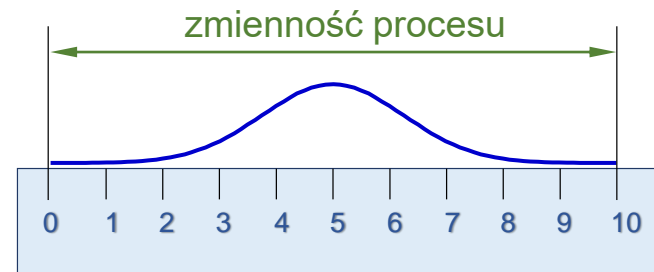
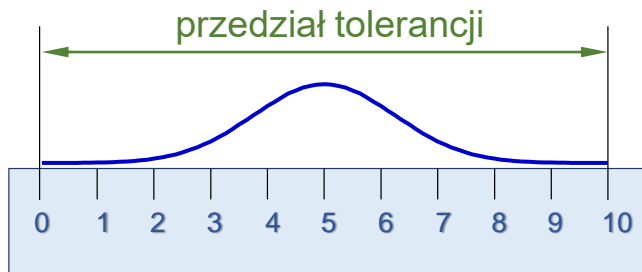
Proces pomiarowy – pomiar

- czynności mające na celu wyznaczenie wartości wielkości fizycznej*
- proces, którego efekt w postaci informacji o własnościach badanego obiektu jest wynikiem oddziaływania przyrządu pomiarowego na badany obiekt
- postrzeganie procesu pomiarowego jako procesu produkcyjnego pozwala na wykorzystanie do jego analizy narzędzi **SPC** (ang. Statistical Process Control)



Cechy dobrego systemu pomiarowego

1. odpowiednia rozdzielczość i czułość



zasada „1 do 10”

rozdzielczość przyrządu pomiarowego powinna wynosić co najmniej 1/10 przedziału tolerancji lub zmienności procesu

2. statystyczna stabilność

zmienność systemu pomiarowego jest konsekwencją wyłącznie czynników losowych (a nie specjalnych)

3. zmienność systemu pomiarowego musi być **mała** w porównaniu z **przedziałem tolerancji mierzony cechy (sterowanie wyrobem)**, musi być **mała** w porównaniu do **zmienności procesu produkcyjnego (sterowanie procesem)**

Rozdzielczość

zdolność wykrywania niewielkich zmian mierzonych wielkości

najmniejsza różnica wskazania urządzenia wskazującego, która może być zauważona w wyraźny sposób*

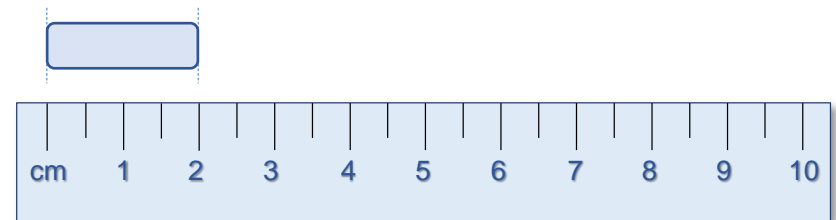
zasada „1 do 10”

rozdzielczość przyrządu pomiarowego powinna wynosić co najmniej 1/10

przedziału tolerancji lub zmienności procesu



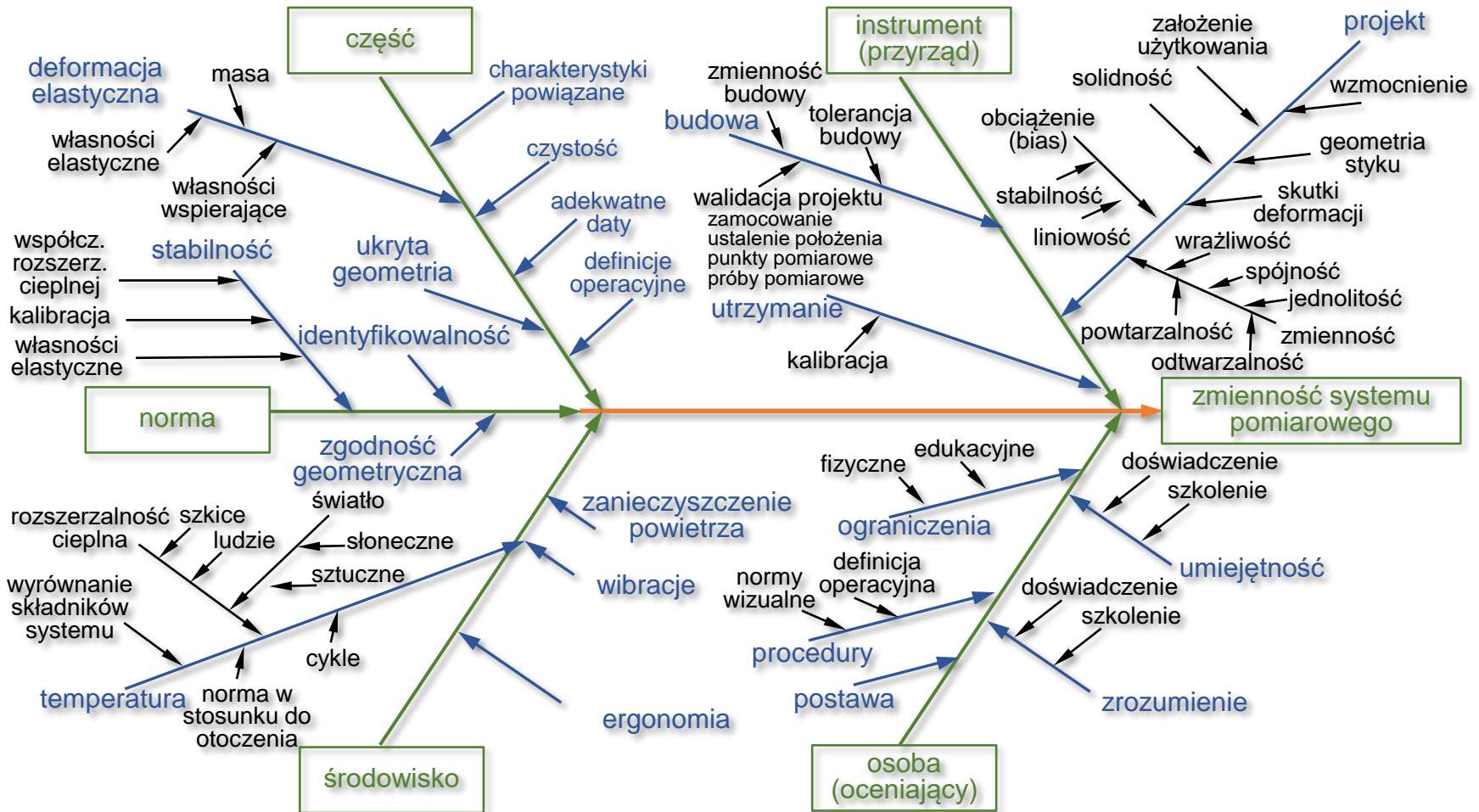
dobra rozdzielczość



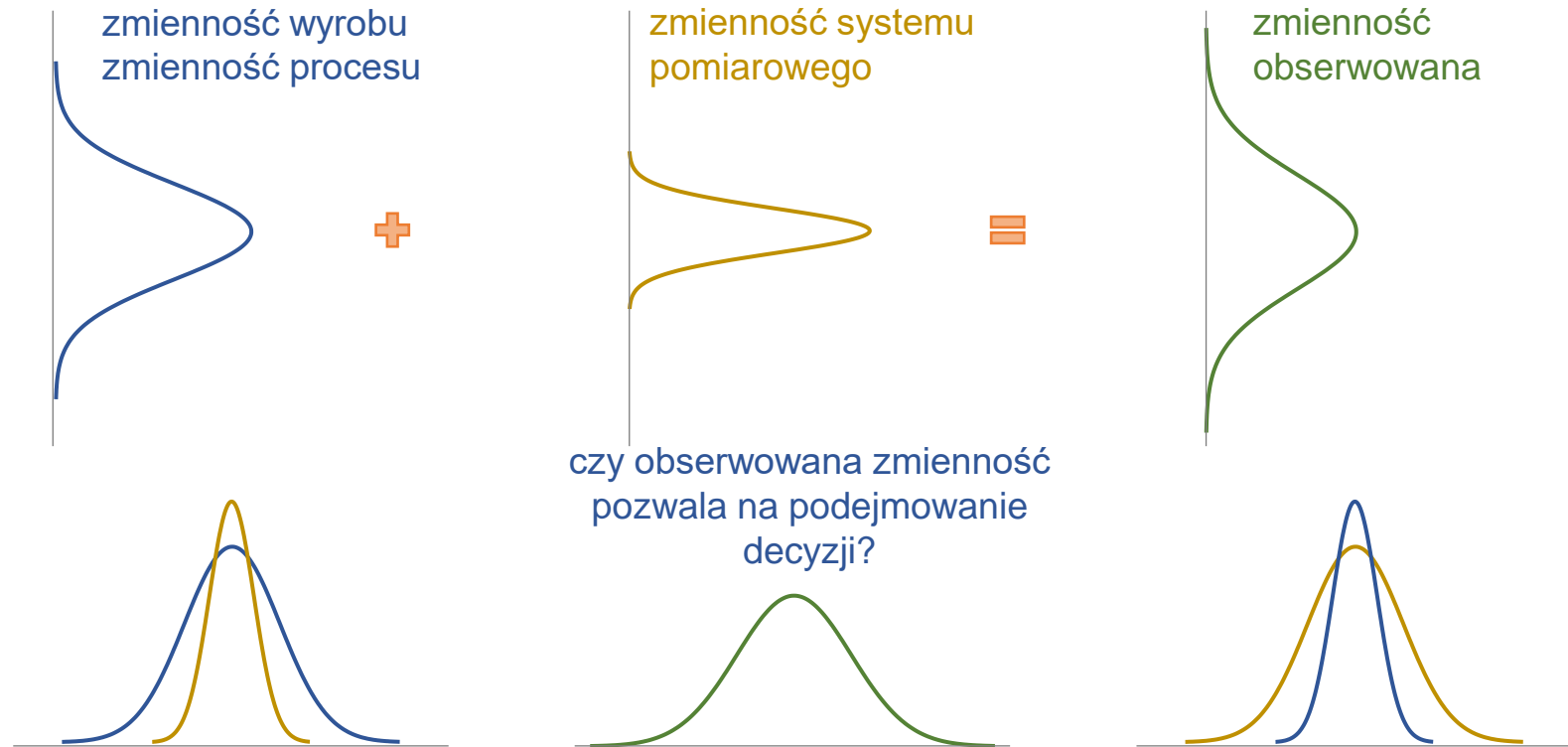
zła rozdzielczość

* GUM (Główny Urząd Miar), Międzynarodowy słownik podstawowych i ogólnych terminów metrologii

Zmienność systemu pomiarowego



* AIAG (Automotive Industry Action Group) – Measurement Systems Analysis (MSA) 4th Edition



niepewna
wiedza
pewna



podejmowanie
decyzji



duże
ryzyko złych decyzji
małe

Zmienność systemu pomiarowego

Zmienność systemu pomiarowego jest konsekwencją*:

- zmienności położenia, która może być oceniana w zakresie:
 - dokładności (ang. accuracy)
 - obciążenia (ang. bias)
 - stabilności (ang. stability)
 - liniowości (ang. linearity)
- zmienności rozproszenia, ocenianego w zakresie:
 - dokładności (ang. precision)
 - powtarzalności (ang. repeatability)
 - odtwarzalności (ang. reproducibility)
 - zdolności (ang. capability)

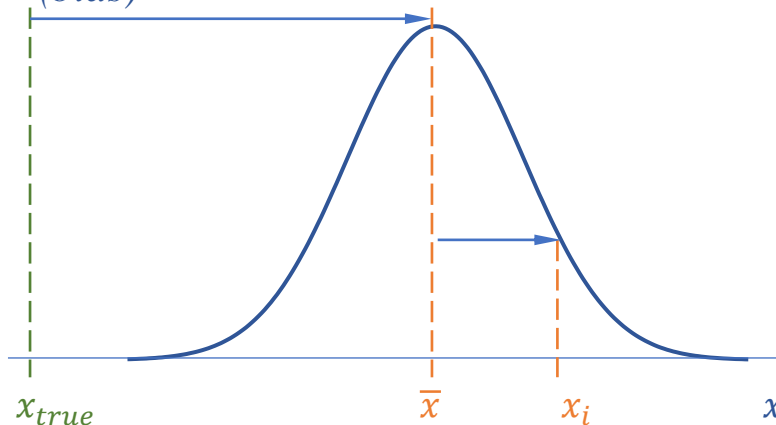
* AIAG (Automotive Industry Action Group) – Measurement Systems Analysis (MSA) 4th Edition

Zmienność systemu pomiarowego

Dokładność

stopień zgodności wyniku pomiaru z wartością rzeczywistą wielkości mierzonej

*składowa dokładności
związana z wpływami
systematycznymi
(bias)*

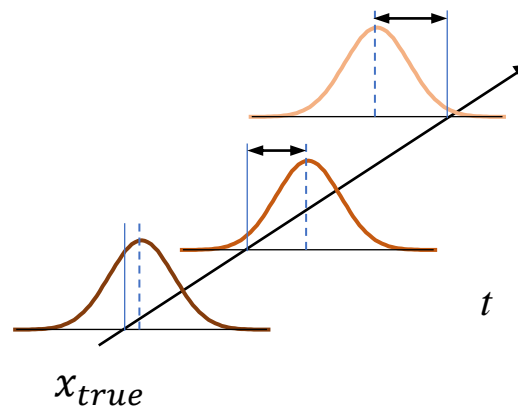


*składowa dokładności
związana z wpływami
przypadkowymi*

*dokładność (ang accuracy)
jest używana zamiennie z obciążeniem
(biasem), ISO i ASTM rozumieją
dokładność jako obciążenie i
powtarzalność (bias, repeatability)*

Stabilność

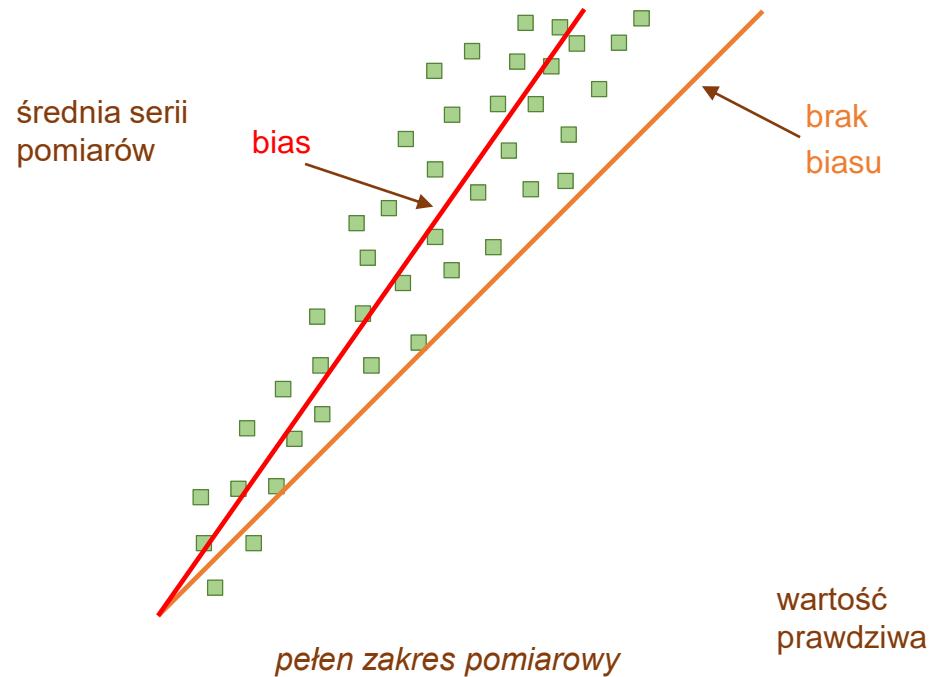
całkowita zmienność pomiarów uzyskanych za pomocą systemu pomiarowego na tym samym wzorcu lub częściach podczas pomiaru pojedynczej charakterystyki w dłuższym okresie czasu



Zmienność systemu pomiarowego

Liniowość

Różnica obciążenia w oczekiwanym zakresie roboczym (pomiarowym) urządzenia nazywana jest liniowością, liniowość można traktować jako zmianę obciążenia w odniesieniu do mierzonej wielkości



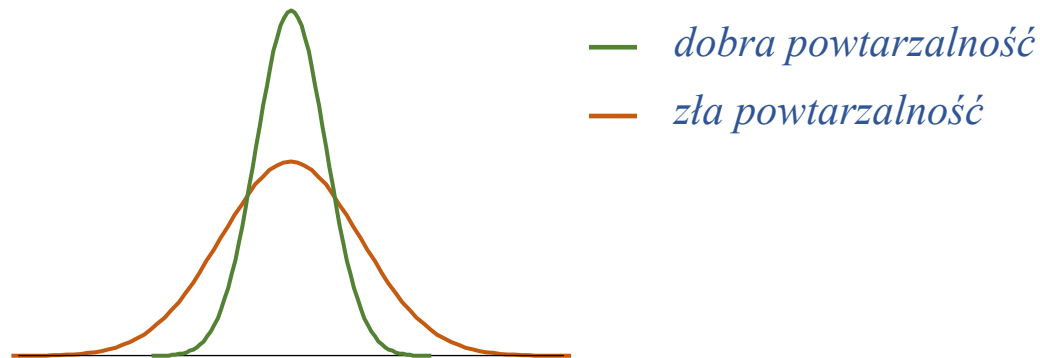
* AIAG (Automotive Industry Action Group) – Measurement Systems Analysis (MSA) 4th Edition

Zmienność systemu pomiarowego

Powtarzalność

zmienność pomiarów uzyskanych za pomocą jednego przyrządu pomiarowego przy kilkakrotnym użyciu przez tego samego operatora podczas pomiaru identycznej charakterystyki na tej samej części¹

zmienność pomiarów wykonywanych w tych samych warunkach²



¹ AIAG (Automotive Industry Action Group) – Measurement Systems Analysis (MSA) 4th Edition

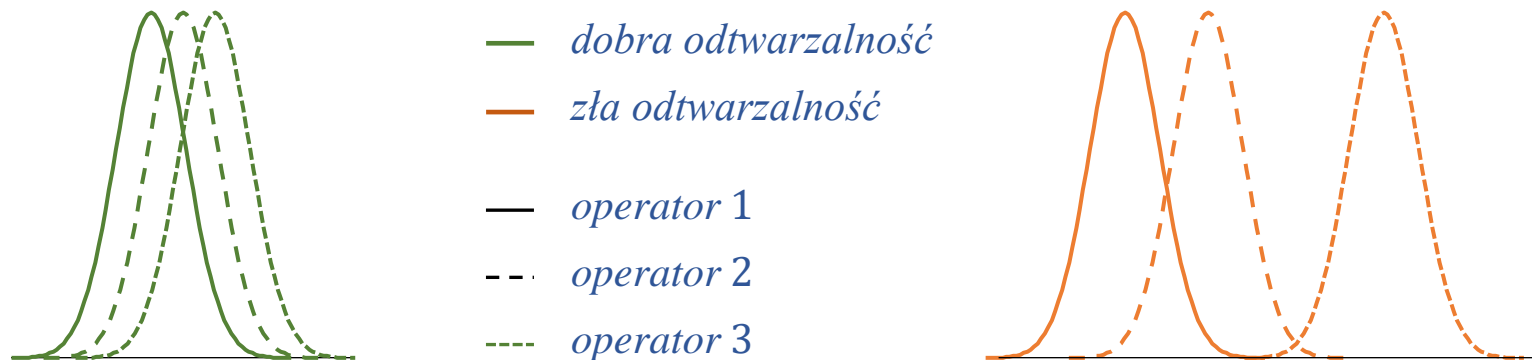
² Sałaciński T., SPC statystyczne sterowanie procesami produkcji, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej

Zmienność systemu pomiarowego

Odtwarzalność

pierwotnie: zmienność pomiędzy operatorami tj. zmienność pomiarów uzyskanych za pomocą jednego przyrządu pomiarowego przy kilkukrotnym użyciu przez kilku operatorów podczas pomiaru identycznej charakterystyki na tej samej części

szerzej: zmienność pomiędzy systemami czy pomiędzy warunkami pomiaru tj. zmienność pomiarów wykonywanych w zmienionych warunkach²



¹ AIAG (Automotive Industry Action Group) – Measurement Systems Analysis (MSA) 4th Edition

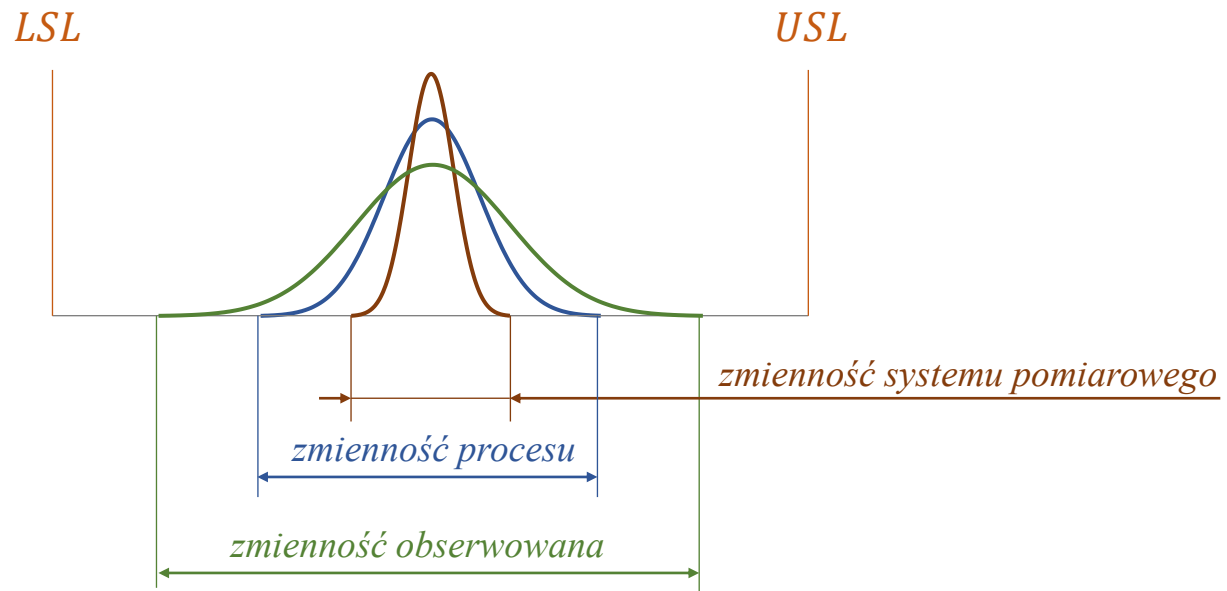
² Sałaciński T., SPC statystyczne sterowanie procesami produkcji, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej

Analiza GRR – wersja dla cech liczbowych

Analiza powtarzalności i odtwarzalności systemu pomiarowego

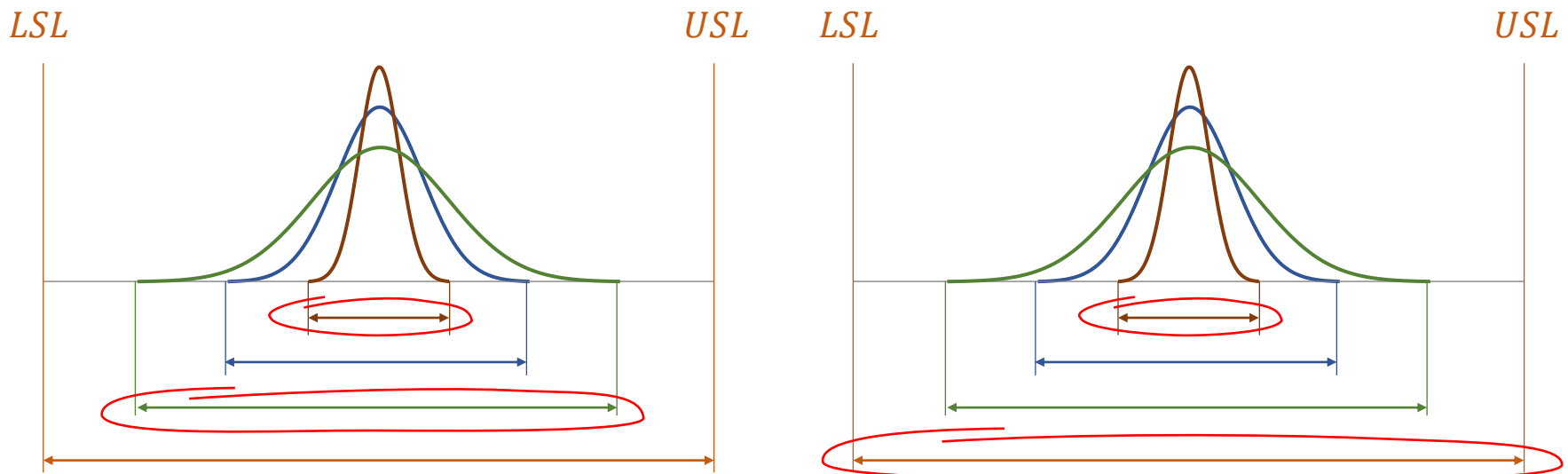
(ang. Gage Repeatability & Reproducibility)

pozwała na wyznaczenie zmienności systemu pomiarowego i jej ocenę poprzez porównanie z obserwowaną zmiennością procesu lub przedziałem tolerancji



W wyniku analizy otrzymuje się wskaźnik $\%R\&R$ opisujący procent zmienności systemu pomiarowego w stosunku do:

- obserwowanej zmienności procesu lub
- przedziału tolerancji



Wartość wskaźnika $\%R\&R$ stanowi podstawę kryterium akceptowalności systemu pomiarowego*

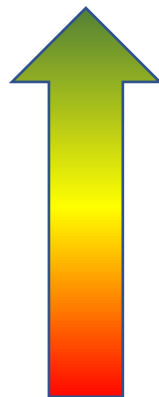
akceptowalny

10%

warunkowo

30%

nieakceptowalny

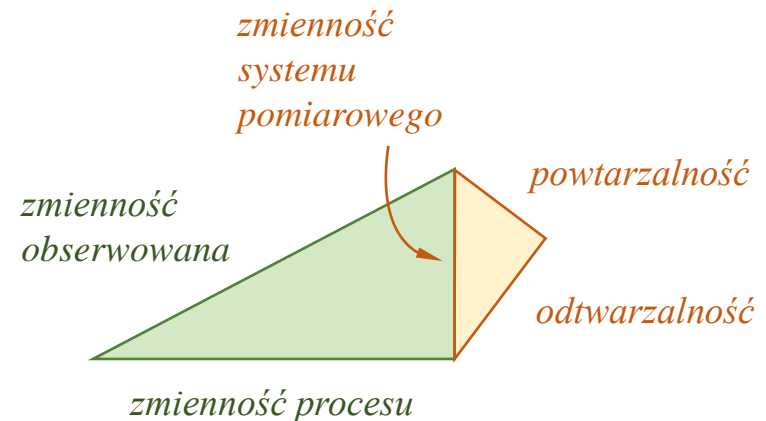
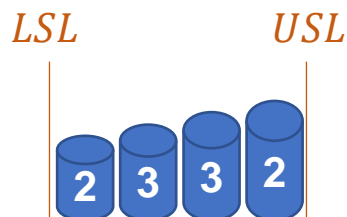


$\%R\&R$	decyzja
poniżej 10%	może być zaakceptowany
10% – 30%	może być zaakceptowany warunkowo , decyzja powinna opierać się znaczeniu mierzonego parametru, koszcie urządzenia pomiarowego, kosztach modyfikacji czy naprawy
powyżej 30%	nie może być zaakceptowany , konieczne jest ulepszenie systemu pomiarowego

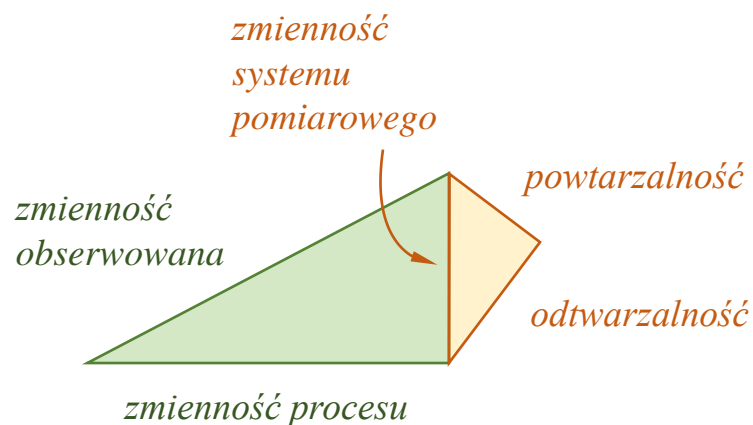
* AIAG (Automotive Industry Action Group) – Measurement Systems Analysis (MSA) 4th Edition

W analizie GRR

- **zmiennosc procesu** jest szacowana na podstawie zmienności mierzonych części, przyjmuje się, że do analizy należy wybrać minimum **10** części w taki sposób, żeby pokrywały cały przedział zmienności procesu (pozwoli to dobrze odwzorować zmienność procesu)
- **zmiennosc obserwowana** jest wypadkową **zmiennosci procesu** i **zmiennosci systemu pomiarowego**
- **zmiennosc systemu pomiarowego** uwzględnia zmienność wynikającą z powtarzalności i odtwarzalności

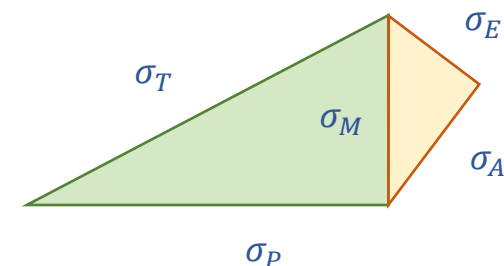


zmiennosc	nazwa alternatywna	ang.	oznaczenia	
			1	2
obserwowana	całkowita	<i>Total Variation</i>	TV	σ_T
procesu	części	<i>Part Variation</i>	PV	σ_P
systemu pomiarowego (do oceny powtarzalności i odtwarzalności)		<i>GRR Variation</i>	GRR	σ_M
powtarzalność	sprzętu	<i>Equipment Variation</i>	EV	σ_E
odtworzalność	operatorów	<i>Appraiser Variation</i>	AV	σ_A



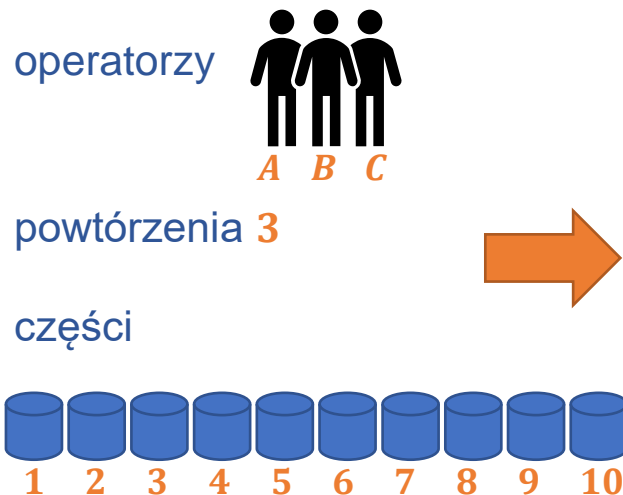
$$\sigma_T^2 = \sigma_P^2 + \sigma_M^2$$

$$\sigma_M^2 = \sigma_E^2 + \sigma_A^2$$



Wytyczne

- wybrać minimum 10 części w taki sposób, żeby pokrywały cały przedział zmienności procesu aby jak najlepiej odzwierciedlały zmienność procesu
- ponumerować części tak aby ich numery nie były widoczne dla oceniających
- ustalić liczbę operatorów i powtórek pomiarów (zwykle 2 lub 3)
- wybrać operatora i zapisać wyniki pomiarów części zapewniając losową kolejność wykonywania pomiarów
- pomiary powtórzyć dla kolejnych operatorów i kolejnych powtórzeń



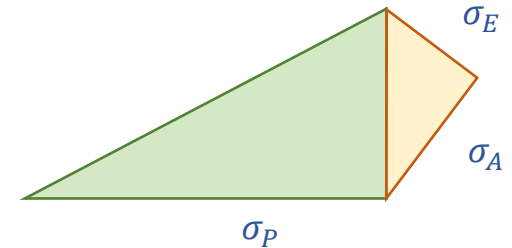
Analiza GRR – przykładowe dane*											
Operator	próba	część									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	1	0,29	-0,56	1,34	0,47	-0,80	0,02	0,59	-0,31	2,26	-1,36
	2	0,41	-0,68	1,17	0,50	-0,92	-0,11	0,75	-0,20	1,99	-1,25
	3	0,64	-0,58	1,27	0,64	-0,84	-0,21	0,66	-0,17	2,01	-1,31
B	1	0,08	-0,47	1,19	0,01	-0,56	-0,20	0,47	-0,63	1,80	-1,68
	2	0,25	-1,22	0,94	1,03	-1,20	0,22	0,55	0,08	2,12	-1,62
	3	0,07	-0,68	1,34	0,20	-1,28	0,06	0,83	-0,34	2,19	-1,50
C	1	0,04	-1,38	0,88	0,14	-1,46	-0,29	0,02	-0,46	1,77	-1,49
	2	-0,11	-1,13	1,09	0,20	-1,07	-0,67	0,01	-0,56	1,45	-1,77
	3	-0,15	-0,96	0,67	0,11	-1,45	-0,49	0,21	-0,49	1,87	-2,16

* AIAG (Automotive Industry Action Group) – Measurement Systems Analysis (MSA) 4th Edition

Analiza GRR – metoda średnich i rozstępów

Metoda średnich i rozstępów

w metodzie zmienność procesu (σ_P), powtarzalność (σ_E) i odtwarzalność (σ_A) wyznaczone są w oparciu o odpowiednie rozstępy z korektą wymagającą użycia wskaźnika d_2^*



Tabela*: Wartości wskaźnika d_2^*

		rozmiar podgrupy(n)																		
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
liczba podgrup (k)	1	1,4142	1,91155	2,23887	2,48124	2,67253	2,82981	2,96288	3,07794	3,17905	3,26909	3,35016	3,42378	3,49116	3,55333	3,61071	3,66422	3,71424	3,76118	3,80537
	2	1,27931	1,80538	2,15069	2,40484	2,60438	2,76779	2,90562	3,02446	3,12869	3,22134	3,30463	3,38017	3,44922	3,51287	3,57156	3,62625	3,67734	3,72524	3,77032
	3	1,23105	1,76858	2,12049	2,37883	2,58127	2,74681	2,88628	3,00643	3,11173	3,20526	3,28931	3,3655	3,43512	3,49927	3,55842	3,61351	3,66495	3,71319	3,75857
	4	1,20621	1,74989	2,10522	2,36571	2,56964	2,73626	2,87656	2,99737	3,10321	3,1972	3,28163	3,35815	3,42805	3,49246	3,55183	3,60712	3,65875	3,70715	3,75268
	5	1,19105	1,73857	2,09601	2,35781	2,56263	2,72991	2,87071	2,99192	3,09808	3,19235	3,27701	3,35372	3,42381	3,48836	3,54787	3,60328	3,65502	3,70352	3,74914
	6	1,18083	1,73099	2,08985	2,35253	2,55795	2,72567	2,86668	2,98829	3,09467	3,18911	3,27392	3,35077	3,42097	3,48563	3,54522	3,60072	3,65253	3,70109	3,74678
	7	1,17348	1,72555	2,08543	2,34875	2,5546	2,72263	2,86401	2,98568	3,09222	3,18679	3,27172	3,34866	3,41894	3,48368	3,54333	3,59888	3,65075	3,69936	3,74509
	8	1,16794	1,72147	2,08212	2,34591	2,55208	2,72036	2,86192	2,98373	3,09039	3,18506	3,27006	3,34708	3,41742	3,48221	3,54192	3,59751	3,64941	3,69806	3,74382
	9	1,16361	1,71828	2,07953	2,3437	2,55013	2,71858	2,86028	2,98221	3,08896	3,1837	3,26878	3,34585	3,41624	3,48107	3,54081	3,59644	3,64838	3,69705	3,74284
	10	1,16014	1,71573	2,07746	2,34192	2,54856	2,71717	2,85898	2,981	3,08781	3,18262	3,26775	3,34486	3,41529	3,48016	3,53993	3,59559	3,64755	3,69625	3,74205
	11	1,15729	1,71363	2,07577	2,34048	2,54728	2,716	2,85791	2,98	3,08688	3,18174	3,2669	3,34406	3,41452	3,47941	3,53921	3,59489	3,64687	3,69558	3,74141
	12	1,1549	1,71189	2,07436	2,33927	2,54621	2,71504	2,85702	2,97917	3,0861	3,181	3,2662	3,34339	3,41387	3,47879	3,53861	3,5943	3,6463	3,69503	3,74087
	13	1,15289	1,71041	2,07316	2,33824	2,5453	2,71422	2,85627	2,97847	3,08544	3,18037	3,26561	3,34282	3,41333	3,47826	3,5381	3,59381	3,64582	3,69457	3,74041
	14	1,15115	1,70914	2,07213	2,33737	2,54452	2,71351	2,85562	2,97787	3,08487	3,17984	3,2651	3,34233	3,41286	3,47781	3,53766	3,59339	3,64541	3,69417	3,74002
	15	1,14965	1,70804	2,07125	2,33661	2,54385	2,7129	2,85506	2,97735	3,08438	3,17938	3,26465	3,34191	3,41245	3,47742	3,53728	3,59302	3,64505	3,69382	3,73969
	16	1,14833	1,70708	2,07047	2,33594	2,54326	2,71237	2,85457	2,97689	3,08395	3,17897	3,26427	3,34154	3,4121	3,47707	3,53695	3,5927	3,64474	3,69351	3,73939
	17	1,14717	1,70623	2,06978	2,33535	2,54274	2,7119	2,85413	2,97649	3,08358	3,17861	3,26393	3,34121	3,41178	3,47677	3,53666	3,59242	3,64447	3,69325	3,73913
	18	1,14613	1,70547	2,06917	2,33483	2,54228	2,71148	2,85375	2,97613	3,08324	3,17829	3,26362	3,34092	3,4115	3,4765	3,5364	3,59216	3,64422	3,69301	3,7389
	19	1,1452	1,7048	2,06862	2,33436	2,54187	2,71111	2,85341	2,97581	3,08294	3,17801	3,26335	3,34066	3,41125	3,47626	3,53617	3,59194	3,644	3,6928	3,73869
	20	1,14437	1,70419	2,06813	2,33394	2,54149	2,71077	2,8531	2,97552	3,08267	3,17775	3,26311	3,34042	3,41103	3,47605	3,53596	3,59174	3,6438	3,6926	3,7385
d_2^*		1,12838	1,69257	2,05875	2,32593	2,53441	2,70436	2,8472	2,97003	3,07751	3,17287	3,25846	3,33598	3,40676	3,47193	3,53198	3,58788	3,64006	3,68896	3,735

* AIAG (Automotive Industry Action Group) – Measurement Systems Analysis (MSA) 4th Edition

Analiza GRR – metoda średnich i rozstępów

Powtarzalność σ_E jest zmiennością pomiarów wykonywanych w tych samych warunkach więc jest szacowana z rozstępów każdego operatora i każdej części,

współczynnik d_2^* odczytuje się biorąc pod uwagę, że liczba podgrup w których obliczane są rozstępy jest równa iloczynowi liczby operatorów i liczby części a rozmiar podgrupy jest równy liczbie powtórzonych pomiarów w każdej grupie

Analiza GRR											
Operator	próba	część									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	1	0,29	-0,56	1,34	0,47	-0,80	0,02	0,59	-0,31	2,26	-1,36
	2	0,41	-0,68	1,17	0,50	-0,92	-0,11	0,75	-0,20	1,99	-1,25
	3	0,64	-0,58	1,27	0,64	-0,84	-0,21	0,66	-0,17	2,01	-1,31
	Rozstęp	0,35	0,12	0,17	0,17	0,12	0,23	0,16	0,14	0,27	0,11
B	1	0,08	-0,47	1,19	0,01	-0,56	-0,20	0,47	-0,63	1,80	-1,68
	2	0,25	-1,22	0,94	1,03	-1,20	0,22	0,55	0,08	2,12	-1,62
	3	0,07	-0,68	1,34	0,20	-1,28	0,06	0,83	-0,34	2,19	-1,50
	Rozstęp	0,18	0,75	0,4	1,02	0,72	0,42	0,36	0,71	0,39	0,18
C	1	0,04	-1,38	0,88	0,14	-1,46	-0,29	0,02	-0,46	1,77	-1,49
	2	-0,11	-1,13	1,09	0,20	-1,07	-0,67	0,01	-0,56	1,45	-1,77
	3	-0,15	-0,96	0,67	0,11	-1,45	-0,49	0,21	-0,49	1,87	-2,16
	Rozstęp	0,19	0,42	0,42	0,09	0,39	0,38	0,2	0,1	0,42	0,67

$$\bar{R}_E = \frac{0,35 + \dots + 0,67}{30} = 0,3417$$

d_2^* dla

$$k = 3 \cdot 10 = 30 \text{ i } n = 3$$

nie zostało podane w tabeli,

w takim przypadku odczytuje się zamiast d_2^* wartość d_2 , tzn.:

$$d_2(3) = 1,69257$$

$$\sigma_E = \frac{\bar{R}_E}{d_2^*} = 0,20186$$

Analiza GRR – metoda średnich i rozstępów

Odtwarzalność σ_A jest zmiennością pomiarów wykonywanych w zmienionych warunkach – w analizie pomiędzy operatorami – jest szacowana na podstawie tylko jednego rozstępu, który jest wyznaczany ze średnich wyników otrzymanych przez każdego operatora,

współczynnik d_2^* odczytuje się biorąc pod uwagę, że liczba podgrup w których obliczane są rozstępy jest równa 1 a rozmiar podgrupy jest równy liczbie operatorów

dotatkowo stosowana jest poprawka uwzględniająca zależność zmienności σ_A od σ_E , w skorygowanej odtwarzalności odejmowana jest część zmienności σ_E (przyjmuje się wkład równy 1 przez liczba wszystkich pomiarów)

Analiza GRR												
Operator	próba	część										Średnia
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A	1	0,29	-0,56	1,34	0,47	-0,80	0,02	0,59	-0,31	2,26	-1,36	0,1903
	2	0,41	-0,68	1,17	0,50	-0,92	-0,11	0,75	-0,20	1,99	-1,25	
	3	0,64	-0,58	1,27	0,64	-0,84	-0,21	0,66	-0,17	2,01	-1,31	
B	1	0,08	-0,47	1,19	0,01	-0,56	-0,20	0,47	-0,63	1,80	-1,68	0,0683
	2	0,25	-1,22	0,94	1,03	-1,20	0,22	0,55	0,08	2,12	-1,62	
	3	0,07	-0,68	1,34	0,20	-1,28	0,06	0,83	-0,34	2,19	-1,50	
C	1	0,04	-1,38	0,88	0,14	-1,46	-0,29	0,02	-0,46	1,77	-1,49	-0,2543
	2	-0,11	-1,13	1,09	0,20	-1,07	-0,67	0,01	-0,56	1,45	-1,77	
	3	-0,15	-0,96	0,67	0,11	-1,45	-0,49	0,21	-0,49	1,87	-2,16	

$$R_A = 0,1903 - -0,2543 = 0,4447$$

$$d_2^* \text{ dla } k = 1 \text{ i } n = 3 \text{ odczytuje się}$$

$$d_2^* = 1,91155$$

$$\sigma_A = \frac{R_A}{d_2^*} = 0,2326$$

$$\tilde{\sigma}_A = \sqrt{\sigma_A^2 - \frac{1}{30} \sigma_E^2} = 0,2297$$

Analiza GRR – metoda średnich i rozstępów

Zmienność procesu σ_p jest mierzona ze zmienności pomiędzy częściami – jest szacowana na podstawie tylko jednego rozstępu, który jest wyznaczany ze średnich wyników otrzymanych dla każdej części,

współczynnik d_2^* odczytuje się biorąc pod uwagę, że liczba podgrup w których obliczane są rozstępy jest równa 1 a rozmiar podgrupy jest równy liczbie części

Analiza GRR – przykładowe dane*											
Operator	próba	część									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	1	0,29	-0,56	1,34	0,47	-0,80	0,02	0,59	-0,31	2,26	-1,36
	2	0,41	-0,68	1,17	0,50	-0,92	-0,11	0,75	-0,20	1,99	-1,25
	3	0,64	-0,58	1,27	0,64	-0,84	-0,21	0,66	-0,17	2,01	-1,31
B	1	0,08	-0,47	1,19	0,01	-0,56	-0,20	0,47	-0,63	1,80	-1,68
	2	0,25	-1,22	0,94	1,03	-1,20	0,22	0,55	0,08	2,12	-1,62
	3	0,07	-0,68	1,34	0,20	-1,28	0,06	0,83	-0,34	2,19	-1,50
C	1	0,04	-1,38	0,88	0,14	-1,46	-0,29	0,02	-0,46	1,77	-1,49
	2	-0,11	-1,13	1,09	0,20	-1,07	-0,67	0,01	-0,56	1,45	-1,77
	3	-0,15	-0,96	0,67	0,11	-1,45	-0,49	0,21	-0,49	1,87	-2,16
Średnia		0,17	-0,85	1,10	0,37	-1,06	-0,19	0,45	-0,34	1,94	-1,57

$$R_p = 1,94 - -1,57 = 3,51$$

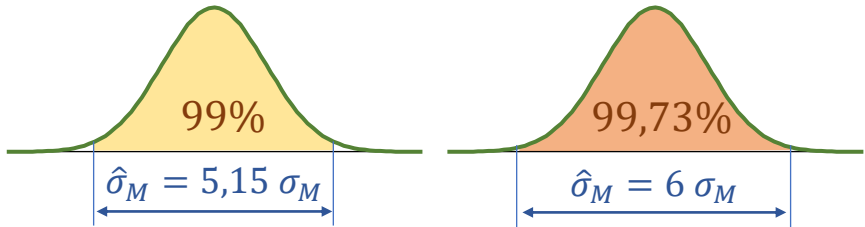
$$d_2^* \text{ dla } k = 1 \text{ i } n = 10 \text{ odczytuje się}$$

$$d_2^* = 3,17905$$

$$\sigma_p = \frac{R_p}{d_2^*} = 1,1045$$

Analiza GRR – metoda średnich i rozstępów

Wskaźnik %R&R – sposób wyznaczania wskaźnika zależy od tego czy ma on opisywać procent zmienności systemu pomiarowego w stosunku do obserwowanej zmienności procesu czy do przedziału tolerancji T .

Wskaźnik %R&R		
Krok	procent zmienności obserwowanej (całkowitej)	procent przedziału tolerancji
1	wyznaczenie zmienności systemu pomiarowego σ_M : $\sigma_M = \sqrt{\sigma_E^2 + \sigma_A^2}$	
2	wyznaczenie zmienności całkowitej σ_T : $\sigma_T = \sqrt{\sigma_P^2 + \sigma_M^2}$	wyznaczenie $\hat{\sigma}_M$ odpowiadającego pełnemu przedziałowi zmienności systemu pomiarowego, stosowane są 2 podejścia: 
3	wyznaczenie wskaźnika %R&R: $\%R\&R = 100 \cdot \frac{\sigma_M}{\sigma_T}$	wyznaczenie wskaźnika %R&R: $\%R\&R = 100 \cdot \frac{\hat{\sigma}_M}{T}$

Analiza GRR – metoda średnich i rozstępów

Wskaźnik %R&R		
Krok	procent zmienności obserwowanej (całkowitej)	procent przedziału tolerancji
1	$\sigma_M = \sqrt{\sigma_E^2 + \sigma_A^2} = \sqrt{0,20186^2 + 0,2297^2} = 0,3058$	
2	$\sigma_T = \sqrt{\sigma_P^2 + \sigma_M^2} = \sqrt{1,1045^2 + 0,3058^2} = 1,146$	dla skalowania 5,15: $\hat{\sigma}_M = 5,15 \cdot 0,3058 = 1,5748$
3	$\%R\&R = 100 \cdot \frac{0,3058}{1,146} = 26,68\%$	zakładając, że $USL = -LSL = 4$, tzn. $T = 8$ $\%R\&R = 100 \cdot \frac{1,5748}{8} = 19,68\%$

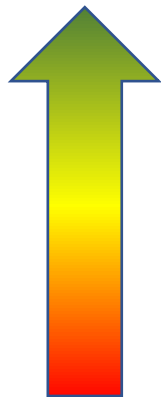
akceptowalny

10% —

warunkowo

30% —

nieakceptowalny



system pomiarowy może być zaakceptowany tylko warunkowo

STATISTICA – analiza GRR

Plik Podstawowe Edycja Widok Format Statystyka Data Mining Wykresy Narzędzia Dane Skoroszyt

Statystyki podstawowe Regresja wieloraka ANOVA Nieparametryczne Dopasowanie rozkładu Rozkłady i symulacja

Modele zaawansowane Wielowymiarowe Analiza mocy testu Sieci neuronowe PLS, PCA, ... VEPAC Karty kontrolne Wielowymiarowe Predykcyjne Analiza procesu DOE Sześć Sigma

Podstawowe Zaawansowane i wielowymiarowe Statystyki przemysłowe

Dane: MSA* (4 zm. * 90 prz.)

	1 Operator	2 Część	3 Próba	4 Pomiar
1	1	1	1	0,29
2	1	2	1	-0,56
3	1	3	1	1,34
4	1	4	1	0,47
5	1	5	1	-0,8
6	1	6	1	0,02
7	1	7	1	0,59
8	1	8	1	-0,31
9	1	9	1	2,26

Procedury analizy procesu: MSA

Podstawowe

- Analiza zdolności procesu i granice tolerancji, dane surowe
- Analiza zdolności procesu, granice tolerancji, dane zagregowane
- Zdolność procesu wg ISO lub DIN (rozkład zależny od czasu)
- Zdolność dla pozycjonowania X-Y
- Powtarzalność i odtwarzalność pomiarów**
- Zdolność miernika
- Liniość miernika
- Badanie miernika dla oceny alternatywnej
- Zgodność dla pomiarów alternatywnych
- MSA, dane alternatywne
- Analiza zdolności - dwumianowy
- Analiza zdolności - Poissona
- Analiza Weibulla niezawodności/czasu uszkodzeń

Dane: MSA* (12 zm. * 9 prz.)

	1 Operator	2 Próba	3 Część1	4 Część2	5 Część3	6 Część4	7 Część5	8 Część6	9 Część7	10 Część8
1	A	1	0,29	-0,56	1,34	0,47	-0,80	0,02	0,59	-0,31
2	A	2	0,41	-0,68	1,17	0,50	-0,92	-0,11	0,75	-0,20
3	A	3	0,64	-0,58	1,27	0,64	-0,84	-0,21	0,66	-0,17
4	B	1	0,08	-0,47	1,19	0,01	-0,56	-0,20	0,47	-0,63
5	B	2	0,25	-1,22	0,94	1,03	-1,20	0,22	0,55	0,08
6	B	3	0,07	-0,68	1,34	0,20	-1,28	0,06	0,83	-0,34
7	C	1	0,04	-1,38	0,88	0,14	-1,46	-0,29	0,02	-0,46
8	C	2	-0,11	-1,13	1,09	0,20	-1,07	-0,67	0,01	-0,56
9	C	3	-0,15	-0,96	0,67	0,11	-1,45	-0,49	0,21	-0,49

STATISTICA – analiza GRR

metoda 1

Analiza powtarzalności i odtwarzalności; standardowe pliki danych: MSA

Generuj plan | **Analiza pliku danych** | Arkusz danych analizy R & R

Zmienne:

Zmienna z kodami operatorów: brak
Zmienne z kodami części: brak
Zmienna z kodami prób: brak
Zmienna z pomiarami: brak

Kody (oper. części, prób): brak

UWAGA: Jeżeli plik został zapisany jako arkusz danych R&R, to użyj opcji "Arkusz danych analizy R&R"

OK
Anuluj
Opcje

SELECT CASES

Dane: MSA* (4 zmn. * 90 prz.)

	1 Operator	2 Część	3 Próba	4 Pomiar	
1	1	1	1	0,29	
2	1	2	1	-0,56	
3	1	3	1	1,34	
4	1	4	1	0,47	
5	1	5	1	-0,8	
6	1	6	1	0,02	
7	1	7	1	0,59	
8	1	8	1	-0,31	
9	1	9	1	2,26	

Wybierz zmn. z kodami dla operatorów, części, prób (opcja) i pomiarów

1 - Operator	1 - Operator	1 - Operator	1 - Operator
2 - Część	2 - Część	2 - Część	2 - Część
3 - Próba	3 - Próba	3 - Próba	3 - Próba
4 - Pomiar	4 - Pomiar	4 - Pomiar	4 - Pomiar

Rozwiń Przybliż Rozwiń Przybliż Rozwiń Przybliż Rozwiń Przybliż

Operatorzy: 1 Części: 2 Próby (opcjonalne): 3 Pomiary: 4

Pokaż tylko zmienne o odpowiedniej skali

OK
Anuluj

STATISTICA – analiza GRR

metoda 2

Analiza powtarzalności i odtwarzalności; arkusz danych R & R: MSA

Generuj plan | Analiza pliku danych | **Arkusz danych analizy R & R**

Liczba operatorów: 3
Liczba części: 10
Liczba prób: 3

Zmienne: brak

Najpierw określ liczbę operatorów, części i prób, a następnie zmienne z danymi. Należy wybrać tyle zmiennych ile jest części (każda zmienna zawiera dane dla jednej części).
Program oczekuje N-operatorów * N-prób przypadków (kolejne wiersze są kolejnymi próbami; dla każdego operatora jest tyle wierszy ile prób. Pomoc: kliknij ? lub naciśnij F1).

OK
Anuluj
Opcje
SELECT CASES

Wskaż zmienną dla każdej części (10 z...

1 - Operator
2 - Próba
3 - Część1
4 - Część2
5 - Część3
6 - Część4
7 - Część5
8 - Część6
9 - Część7
10 - Część8
11 - Część9
12 - Część10

OK
Anuluj
[Zestawy]...

Wszystkie Rozwiń Przybliż

Wskaż 10 zmienne
3-12

Pokazuj tylko zmienne o odpowiedniej skali

Dane: MSA* (12 zm. * 9 prz.)

	1 Operator	2 Próba	3 Część1	4 Część2	5 Część3	6 Część4	7 Część5	8 Część6	9 Część7	10 Część8
1	A	1	0,29	-0,56	1,34	0,47	-0,80	0,02	0,59	-0,31
2	A	2	0,41	-0,68	1,17	0,50	-0,92	-0,11	0,75	-0,20
3	A	3	0,64	-0,58	1,27	0,64	-0,84	-0,21	0,66	-0,17
4	B	1	0,08	-0,47	1,19	0,01	-0,56	-0,20	0,47	-0,63
5	B	2	0,25	-1,22	0,94	1,03	-1,20	0,22	0,55	0,08
6	B	3	0,07	-0,68	1,34	0,20	-1,28	0,06	0,83	-0,34
7	C	1	0,04	-1,38	0,88	0,14	-1,46	-0,29	0,02	-0,46
8	C	2	-0,11	-1,13	1,09	0,20	-1,07	-0,67	0,01	-0,56
9	C	3	-0,15	-0,96	0,67	0,11	-1,45	-0,49	0,21	-0,49

STATISTICA – analiza GRR

Wyniki analizy powtarzalności i odtwarzalności: MSA

Wejście: Arkusz R & R Śred.: ,001444 Odch. Std.: 1,03124 N: 90
 Operatorzy 3 Części: 10 Próby: 3

Podstawowe | Więcej | Statystyki opisowe, wykresy | Ocena miernika | Opcje

Metoda rozstępu, ocena wariacji Metoda ANOVA, ocena wariacji
 Metoda rozstępu, procent tolerancji Metoda ANOVA, procent tolerancji
 Wykres R & R

UWAGA: Powtarzalność jest zdefiniowana zgodnie ze standardami AIAG i ISO. Odtwarzalność odnosi się do zmienności operatora (AIAG) albo do R&R (ISO).

$$%R\&R = 100 \frac{\sigma_M}{\sigma_T} = 100 \sqrt{\frac{100 \sigma_M^2 / \sigma_T^2}{100}}$$

$$%R\&R = 100 \sqrt{\frac{7,1196}{100}} = 26,68\%$$

porównanie wariacji a nie odchyłeń standardowych

	Estymow. Sigma	Estymow. Wariancj	% R & R	% Ogół
Powtarzalność	σ_E	σ_E^2	$100 \sigma_E^2 / \sigma_M^2$	$100 \sigma_E^2 / \sigma_T^2$
Odtwarzalność	$\tilde{\sigma}_A$	$\tilde{\sigma}_A^2$	$100 \tilde{\sigma}_A^2 / \sigma_M^2$	$100 \tilde{\sigma}_A^2 / \sigma_T^2$
Część	σ_P	σ_P^2		$100 \sigma_P^2 / \sigma_T^2$
Łącznie R&R	σ_M	σ_M^2	$100 \sigma_M^2 / \sigma_T^2$	
Ogół	σ_T	σ_T^2		

GRR.stw* - Składniki wariacji; zmienna: Pomiar (MSA w GRR...)

Składniki wariacji; zmienna: Pomiar (MSA w GRR...)
 Śred=,144E-23,51111
 Operatorzy:3 Części: 10 Próby: 3

Źródło (Sigma=Rśr./d2)	Estymow. Sigma	Estymow. Wariancj	% R & R	% Ogół
Powtarzalność	0,201863	0,040749	43,5801	3,1027
Odtwarzalność	0,229683	0,052754	56,4199	4,0169
Część	1,104453	1,219816		92,8804
Łącznie R&R	0,305782	0,093503	100,0000	7,1196
Ogół	1,146001	1,313319		100,0000

Składniki wariacji; zmienna: Pomiar (MSA w GRR.stw)

STATISTICA – analiza GRR

Wyniki analizy powtarzalności i odtwarzalności: MSA w GRR.stw

Zmienna: Pomiar Śred.: ,001444
 Operat. (Operator): 3 Części (Część): 10 Próby (Próba): 3

Podstawowe | Więcej | Statystyki opisowe, wykresy | Ocena niemiernika | Opcje

Metoda rozstępu, ocena wariacji | Metoda rozstępu, procent tolerancji | Wykres R & R

Opcje analizy tolerancji

Przedział tolerancji dla części: 8
 Przedział, liczba sigm: 5,15 k_σ

Podaj wartość tolerancji i wymaganą szerokość przedziału w jednostkach sigma w celu obliczenia miary wydolności jako procentu ogólnej tolerancji.

Anuluj | Opcje | Grupami

	Pomiar Jednost.	% Proc. Zmienn.	% ogółu Udział	% Toleranc
Powtarzalność	$k_\sigma \sigma_E$	$100 \sigma_E / \sigma_T$	$100 \sigma_E^2 / \sigma_T^2$	$100 k_\sigma \sigma_E / T$
Odtwarzalność	$k_\sigma \tilde{\sigma}_A$	$100 \tilde{\sigma}_A / \sigma_T$	$100 \tilde{\sigma}_A^2 / \sigma_T^2$	$100 k_\sigma \tilde{\sigma}_A / T$
Zmien. części	$k_\sigma \sigma_P$	$100 \sigma_P / \sigma_T$	$100 \sigma_P^2 / \sigma_T^2$	$100 k_\sigma \sigma_P / T$
Łącznie R&R	$k_\sigma \sigma_M$	$100 \sigma_M / \sigma_T$	$100 \sigma_M^2 / \sigma_T^2$	$100 k_\sigma \sigma_M / T$
Łączna zm...	$k_\sigma \sigma_T$	$100 \sigma_T / \sigma_T$	$100 \sigma_T^2 / \sigma_T^2$	$100 k_\sigma \sigma_T / T$
Tolerancja	T			

	%R&R
procent zm. całkowitej	26,68%
procent przedziału tolerancji	19,68%

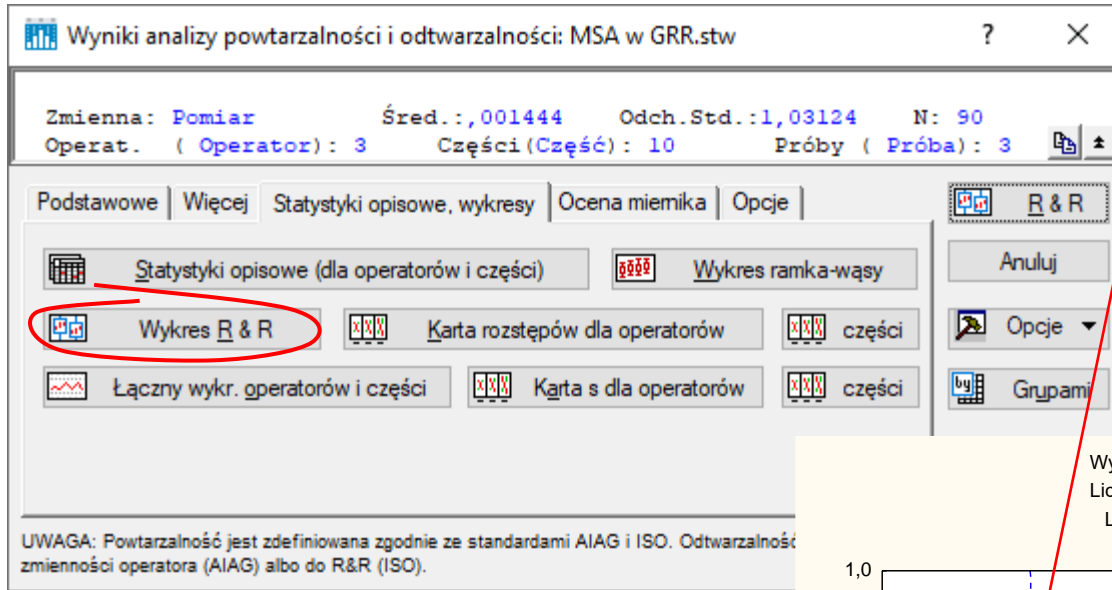
Analiza proc. tolerancji: Pomiar Przedziały sigma5,15 (MSA w GRR.stw)...

Analiza proc. tolerancji: Pomiar Przedziały sigma5,15 (MSA w GRR.stw)...

Śred.=,144E-23,51111
 Operatorzy:3 Części: 10 Próby: 3

Pomiar Jednost.	% Proc. Zmienn.	% ogółu Udział	% Toleranc
Powtarzalność (zm. mierników)	1,039593	17,6145	3,1027
Odtwarzalność (zm. operatorów)	1,182867	20,0421	4,0169
Zmien. części	5,687933	96,3745	92,8804
Łącznie R&R	1,574779	26,6825	19,6847
Łączna zmienność procesu	5,901907	100,0000	73,7738
Tolerancja	8,000000		100,0000

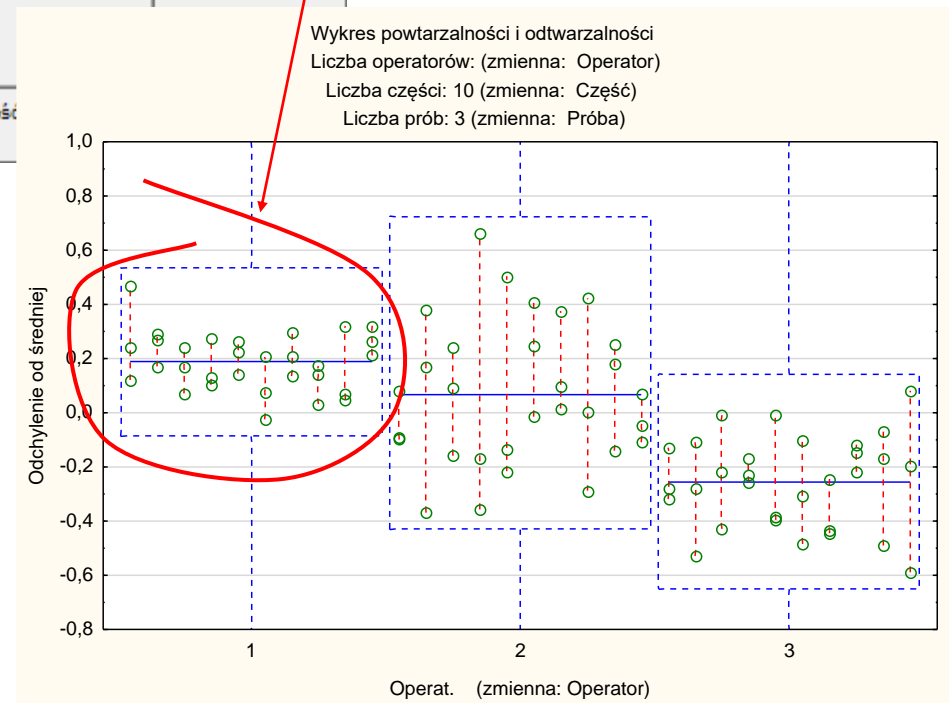
STATISTICA – wykres powtarzalności i odtwarzalności



pomiary operatora 1:

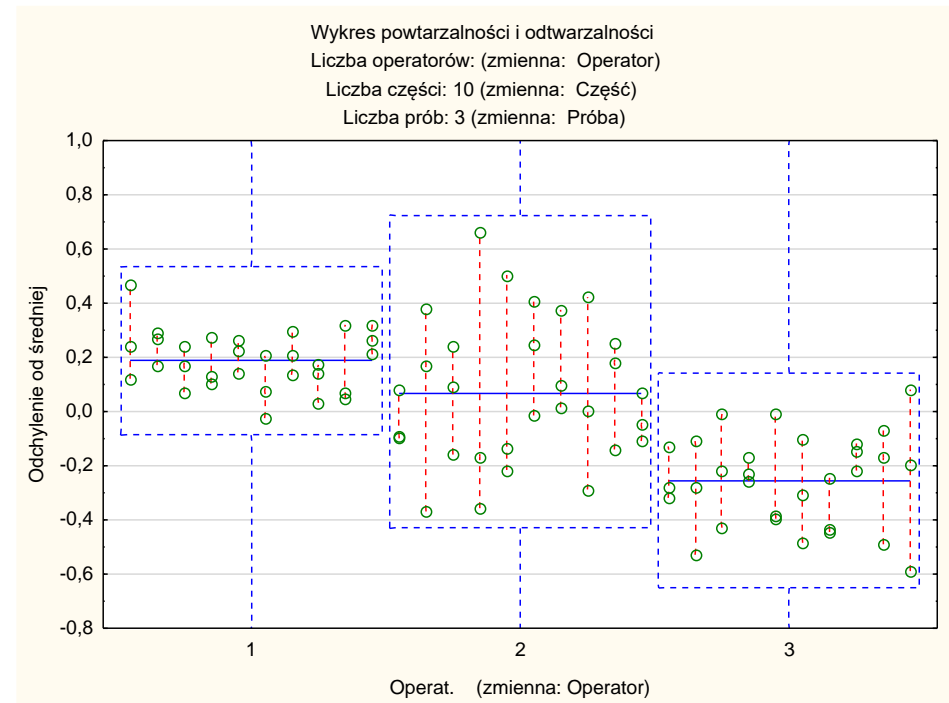
- *najkrótsze linie pionowe*
⇒ *najlepsza powtarzalność*
- *najniższa ramka*
⇒ *najmniejsza zmienność*

- *wartości punktów to odchylenia pomiarów od średniej dla danej części*
- *linie pionowe odpowiadają zmienności pomiarów operatora przy pomiarze danej części*
- *linia pozioma to odchylenie pomiarów operatora od średniej dla wszystkich operatorów*
- *wysokość ramki to zmienność operatora*



STATISTICA – wykres powtarzalności i odtwarzalności

- *linie pionowe* odpowiadają zmienności pomiarów operatora przy pomiarze danej części
- *długość linii pionowych* przekłada się na *powtarzalność*
- *idealna powtarzalność* \Leftrightarrow *brak linii pionowych*
- *linie poziome* to odchylenia pomiarów operatora od średniej dla wszystkich operatorów,
- *odległość linii poziomych* przekłada się na *odtwarzalność*
- *idealna odtwarzalność* \Leftrightarrow *wszystkie linie poziome na tym samym poziomie (równym 0)*



PN-ISO 5725: Dokładność metod pomiarowych...

PN-ISO 5725	
Dokładność (poprawność i precyzja) metod pomiarowych i wyników pomiarów	
PN-ISO 5725-1	Ogólne zasady i definicje
PN-ISO 5725-2	Podstawowa metoda określania powtarzalności i odtwarzalności standardowej metody pomiarowej
PN-ISO 5725-3	Pośrednie miary precyzji standardowej metody pomiarowej
PN-ISO 5725-4	Podstawowe metody wyznaczania poprawności standardowej metody pomiarowej
PN-ISO 5725-5	Alternatywne metody wyznaczania precyzji standardowej metody pomiarowej
PN-ISO 5725-6	Stosowanie w praktyce wartości określających dokładność