SPC I SIX SIGMA – POŻĄDANA ZMIENNOŚĆ W PODEJŚCIU DO METOD STATYSTYCZNYCH

Adam Walanus
StatSoft Polska Sp. z o.o.

Streszczenie

Wychodząc od podstawowych pojęć: produktu, klienta i czasu, widzianych pod kątem SPC, a więc jako: dane o produkcie/procesie, specyfikacja produktu i zmienność krótko- i długoterminowa, omówione zostaną konkretne, najważniejsze przy dzisiejszym stanie technologii koncepcje wykorzystania metod statystycznych. Przenikający coraz szerzej do świadomości praktyków zapewnienia jakości sposób posługiwania się statystyką, polegający na implementacji nowoczesnych narzędzi analitycznych, współpracujących z układami pomiarowymi powoduje, że zmienia się podejście do SPC. Rosną przy tym oczekiwania w stosunku do metod statystycznych oraz rosną wymagania w stosunku do wykształcenia inżynierów, ale oba te trendy mają inne kierunki, niż można by się spodziewać jeszcze parę lat temu.

SPC a Six Sigma w aspekcie metod statystycznych

Logikę powyższego tytułu można zakwestionować. Jaki inny aspekt niż statystyczny może mieć *Statystyczne Sterowanie Procesem* albo z gruntu statystyczna metoda, która w nazwie ma podstawowy parametr statystyczny – *sigmę* (*sigmę* procesu). Chodzi o to, że nie będzie tu omawiana tzw. filozofia *Six Sigma*, która ma, szczególnie dla menedżerów, duże znaczenie. Jak można się spodziewać, czas poświęcić chcemy konkretom, liczbom, informacji i sposobom wyciągania z niej praktycznych wniosków.

Na czym polega postęp w *Six Sigma* względem SPC? Czy tzw. *poziom sigma* procesu to rzeczywiście zupełnie inna (w domyśle lepsza) miara jakości procesu niż tradycyjne C_p, C_{pk}, P_p i P_{pk}? Sugestia odpowiedzi tkwi w zadanym pytaniu. Poziom sigma procesu jest jeden, a wymienionych wskaźników zdolności procesu aż cztery i nie da się tej liczby zbytnio ograniczyć. Czy *Six Sigma* jest więc prostsze? I tak i nie; jest inaczej ukierunkowane.

W tradycyjnym SPC obliczamy odchylenie średniokwadratowe, obliczamy rozstępy i średnie w próbkach, patrząc jak zmieniają się w czasie. Czy wymyślono inne metody? Nie za bardzo, ale dzisiaj stare metody stosujemy inaczej. Przejście od SPC do *Six Sigma*, a więc przejście do nowoczesności, polega (co nie jest zaskakujące) na mechanizowaniu

Copyright © StatSoft Polska, 2004
Kopiowanie lub powielanie w jakikolwiek sposób bez zgody StatSoft Polska Sp. z o.o. zabronione

działań, na zlecaniu maszynie coraz większych zadań. Dawniej był proces, do którego co godzinę operator „przykładał" suwmiarkę i patrzył na wynik, do którego się ustosunkowywał. Być może rysował kartę kontrolną, którą później ktoś analizował. Dziś karta kontrolna jest integralną częścią procesu, jego opomiarowania. Operator patrzy nie na noniusz suwmiarki, a na kartę kontrolną, a najlepiej nie patrzy na nią tak długo, jak długo się da, czyli do momentu, gdy karta kontrolna zażąda zwrócenia na siebie uwagi, alarmując rozregulowanie.

Czyż na metody statystyczne nie będzie miało wpływu stosowanie automatyki pilnującej parametrów w pętli sprzężenia zwrotnego albo wykonywanie pomiarów każdej sztuki produktu przez coraz tańsze automatyczne mierniki? Średnia arytmetyczna ciągle liczona jest według takiego samego wzoru. Wskaźnik C_p zachowuje swój stary sens. Ale wielkości te stają się częścią procesu, a nie naszym zewnętrznym narzędziem kontroli, „przykładanym" do niego od czasu do czasu.

Obliczanie statystyk a myślenie statystyczne

Na pewno łatwiej jest, gdy nie musi się znać wzoru na odchylenie standardowe i nie trzeba pamiętać, czy sumę kwadratów różnic dzieli się przez *N* czy przez *N-1*. Oszczędniej jest, gdy kartę kontrolną wykreśla komputer, a nie operator. Czy w takim razie inżynier od SPC (po kursie SPC lub *Six Sigma*) jest niepotrzebny? Potrzebny jest w dwóch sytuacjach. Na początku, gdy uruchamiamy SPC, i w przypadku, gdy któraś z kart kontrolnych generuje rozregulowania albo też nie zadowala nas *poziom sigma* procesu.

Jakie kwalifikacje są potrzebne do uruchomienia (zaimplementowania) metod statystycznych? W szczególności czy trzeba znać się na statystyce? Zapewne nie unikniemy w takiej sytuacji płacenia zawodowym, wynajętym statystykom. Oczywiście będziemy chcieli, by nie tylko byli oni specjalistami od SPC, ale by coś jednak wiedzieli o naszej technologii, by na przykład mieli już z czymś takim kiedyś do czynienia. Podobnie z naszej strony oddelegujemy inżyniera, który… no właśnie? Zna statystykę? Czuje temat? Zna naszą bazę danych?

Statystykę znają zawodowcy. Gdzie i czego szukać w bazie danych, powie nam sprawnie odpowiedzialny informatyk. Natomiast przy podłączaniu „maszyny" statystycznej do naszego procesu technologicznego decydować powinien człowiek, który wie, czego się po SPC może spodziewać, wie, o co tam mniej więcej chodzi, czyli co w ogóle może statystyka, i w którym miejscu. Od liczenia są maszyny, ludzie są od myślenia.

Nikt nie mówi, że wielokrotnie wymieniane w tekstach z dziedziny *Six Sigma* myślenie statystyczne jest łatwe. Osoba, która by to umiała, staje się bardzo cenna. W wykształcenie tej umiejętności warto zainwestować. Myślenie statystyczne jest konieczne. Jeżeli wierzymy w długoterminową (bardzo długoterminową) stabilność naszych procesów, to wtedy opłacalne może być jednorazowe wynajęcie „myśliciela statystycznego", który poświęci czas na zrozumienie naszych procesów. W innym (czytaj: realnym) przypadku dobrze jest mieć kogoś takiego na stałe u siebie. Niekoniecznie człowiek taki musi nosić na

Copyright © StatSoft Polska, 2004
Kopiowanie lub powielanie w jakikolwiek sposób bez zgody StatSoft Polska Sp. z o.o. zabronione

sobie jakiś zielony czy czarny pas (jak to jest w *Six Sigma*), niekoniecznie musi to też być jeden człowiek. Jakieś „osłuchanie" się w statystyce przyda się szerszej grupie. Myślenie statystyczne jest stopniowalne, zacząć można od wyplenienia złych nawyków.

SPC musi być blisko technologii, kształcenie myślenia statystycznego najlepiej prowadzić na przykładach z konkretnego, znanego najlepiej, własnego procesu technologicznego. Nic złego nie ma w tym, że kursy takie stają się po części konsultacjami rozwiązującymi konkretne problemy. Uczestnictwo w żywym rozwiązywaniu zagadnień jest właśnie najlepsze dla wykształcenia odpowiedniego sposobu myślenia.

Przykład myślenia statystycznego

Tak więc postęp technologiczny sprawił, że główną ideą SPC, eksponowaną w *Six Sigma*, jest myślenie, oczywiście myślenie statystyczne.

Jedną z konkretnych idei jest statystyczna stabilność procesu. Co to takiego?

Proces w potocznym rozumieniu stabilny to proces, który daje nam produkt w postaci trzpienia o długości 123,4 mm, przy czym kolejne sztuki mają długość: 1-123,4; 2-123,4; 3-123,4; … 10000-123,4. Czy taki proces jest możliwy? Tak, można wyprodukować długą serię trzpieni o długości z przedziału od 123,35 - 123,44mm, bo tak zapewne trzeba rozumieć liczbę 123,4. Jeżeli mamy świadomość, że długość 123,4mm oznacza tak naprawdę, że długość nie różni się od 123,4mm o więcej niż 0,05mm, to nie myślimy jeszcze statystycznie, ale idziemy w dobrym kierunku. Natomiast nie wysyłajmy na kurs SPC osoby, która beztrosko, bez wątpliwości przyjmuje informację: trzpień ma 123,4mm i koniec. Nie ma takiego trzpienia.

Idźmy dalej, w kierunku statystyki.

Otóż nasz proces ma dwa parametry, nie tylko jeden. Proces daje nam trzpienie o długości 123,4mm i o sigmie, powiedzmy, 0,03mm. Cóż to ta sigma? Zmierzmy jeszcze raz trzpienie, ale trochę lepszym miernikiem. Wyniki będą takie (mm):

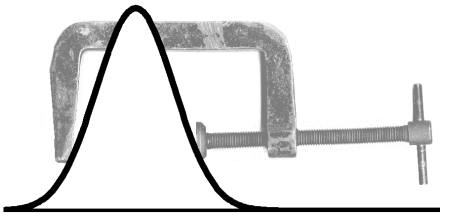
123,41; 123,44; 123,36; 123,39; 123,38; 123,39; 123,42; 123,37; 123,35; 123,39.

Ktoś, kto myśli statystycznie, powinien się na to oburzyć. Wyniki pomiarów nie będą TAKIE tylko: NA PRZYKŁAD takie. W tym rzecz. Każdy trzpień będzie trochę inny i nie można przewidzieć, jaki będzie następny. Taka jest natura rzeczy i nikt tego nie zmieni. Wszystkie procesy są takie. Różnią się tylko sigmą. Jeden producent produkuje trzpienie 123,4mm z sigmą 0,03mm, a inny ma sigmę tylko 0,01mm. Ten drugi będzie znacznie droższy (bynajmniej nie tylko trzy razy droższy, może nawet raczej trzydzieści razy droższy).

Czasem obniżenie sigmy z 0,03 do 0,02 może otworzyć nam rynki o nieoszacowanej wartości. Nic dziwnego, że SIGMA (σ) znalazła się w nazwie Metody (*Six Sigma*), zwanej nawet Filozofią (no może jednak przez małe f).

Copyright © StatSoft Polska, 2004
Kopiowanie lub powielanie w jakikolwiek sposób bez zgody StatSoft Polska Sp. z o.o. zabronione

Konkurencja działa jak darwinowska ewolucja, każda nisza ekologiczna jest niemal natychmiast zapełniana. Skutek jest taki, że jeśli współczesna technologia pozwala wytwarzać trzpienie z sigmą 0,01mm, to prawie wyłącznie takie będą miały zbyt, gdyż producent silnika natychmiast zrobi z tej precyzji użytek w postaci oszczędności na grubości korpusu, a może i zużyciu paliwa. Trzpienie o sigmie 0,03 może dadzą się upchnąć po niskiej cenie.



Walczymy więc o sigmę. O jej zmniejszenie. Inaczej wyraża się to tak:

ZMIENNOŚĆ TWÓJ WRÓG.

Sigma jest miarą zmienności. Przytoczony wyżej ciąg dziesięciu liczb ma odchylenie standardowe s=0,0275. Jak to się ma do tego, co powiedziano wcześniej, że sigma tego procesu wynosi σ=0,03? Z tego, że liczba 0,0275 nie jest równa 0,3, wcale nie wynika, że *sigma* nie może wynosić 0,3mm. Mamy tu kolejny przykład myślenia statystycznego, choć na właściwy trop naprowadza nas zwykły rozsądek, jeśli uświadomimy sobie, że przypadkowy brak jednego z pomiarów już zmieni liczbę 0,0275.

Proces ma dwa główne parametry: średnią i sigmę. Średnia procesu, z którego pobrano wspomnianych dziesięć trzpieni, być może wynosi 123,4mm, a sigma 0,03mm. Dlaczego „być może"? Czy nie możemy obliczyć sobie średniej i odchylenia standardowego? Możemy; więc obliczmy. Weźmy jednak więcej serii pomiarowych, o różnych długościach:

Dane: Statystyki opisowe (Arkusz13)*

Zmienna	Statystyki opisowe (Arkusz13) N ważnych	Średnia	Odch.Std.	Standard. Błąd
Zmn1	5	123,3822	0,026137	0,011689
Zmn2	10	123,3983	0,030404	0,009615
Zmn3	100	123,4027	0,028467	0,002847
Zmn4	1000	123,4005	0,029649	0,000938
Zmn5	10000	123,3998	0,030022	0,000300
Zmn6	10000	123,3997	0,029991	0,000300

Każda średnia i każde odchylenie standardowe są inne. No tak, może proces jest niestabilny. Nie, proces jest absolutnie stabilny, bo to nie proces, ale matematyczny model dostarczył tu „pomiarów"; jednak to nic nie zmienia. Tak już jest, pełnej prawdy o procesie nie poznamy nigdy, możemy sobie tylko obliczać statystyki. Nasz przykładowy proces (model) ma średnią naprawdę 123,4, a sigmę naprawdę 0,03. Tymczasem z pomiarów („pomiarów") wychodzi to, co widać.

Copyright © StatSoft Polska, 2004
Kopiowanie lub powielanie w jakikolwiek sposób bez zgody StatSoft Polska Sp. z o.o. zabronione

W ostatniej kolumnie jest *błąd standardowy* średniej, czyli odchylenie standardowe podzielone przez pierwiastek z *N*. Ta liczba mówi nam, co nam mówi liczba z kolumny *Średnia*. Otóż prawdziwa średnia (123,4, którą tu znamy dzięki nieformalnym kontaktom) różni się od obliczonej nie dużo bardziej niż o *błąd standardowy*. Dokładniej: z prawdopodobieństwem 0,68 prawdziwa wartość mieści się w przedziale średnia±błąd.

W myśleniu statystycznym mamy tylko do prawdy-podobieństwa. Jeżeli już mowa o prawdopodobieństwie, to w pewnym sensie przejście od SPC do *Six Sigma* jest przejściem od prawdopodobieństwa błędu wynoszącego 0,0027 do 0,0000034. Wygląda to na duży krok we właściwym kierunku, ale… czy nie za duży?

Dwie sigmy w SPC i jedna w Six Sigma

Zrozumienie sigmy jest ważne, tym bardziej, że w SPC są dwie sigmy procesu. Co prawda w nowoczesnym podejściu sześciosigmowym jest tylko jedna sigma (w zasadzie), ale kosztem pewnego, dość sztucznego, upraszczającego założenia.

Rzecz dotyczy czasu. Właściwie skali czasu, terminów długich i krótkich. Jak w codziennym życiu, jeśli kupujemy codziennie rano świeże bułeczki w tej samej piekarni, to codziennie mamy praktycznie takie same bułeczki, a w każdym razie nie zauważamy różnic. Jeżeli jednak zajdziemy tam po miesięcznej przerwie, to okazać się może, że są jakieś inne, co przyjmiemy bez wielkiego zaskoczenia. Jasne, że i w codziennych zakupach, od poranka do poranka, dało by się wykryć różnicę, za pomocą obiektywnego przyrządu pomiarowego w rodzaju wagi. Bułki muszą się różnić, nic nam to nie przeszkadza, dopóki sigma nie przekracza założonej przez nas wartości. Jeżeli piekarz zaczął kupować tańszą mąkę i na skutek zmiany konsystencji masy bułki są nieco cięższe, to taką zmianę chętnie wykrylibyśmy.

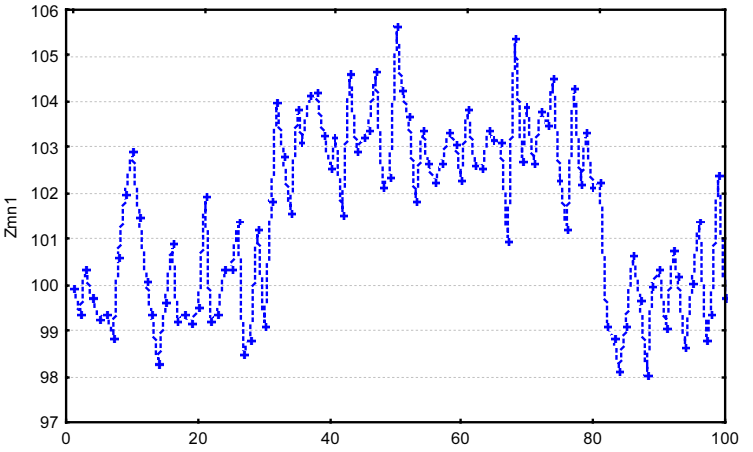
Sigmę krótkoterminową, czyli zmienność szybką, obliczymy na przykład tak: notować będziemy różnice masy bułki z dnia na dzień, masa wczoraj odjąć masa dzisiaj (i opuszczamy znak minus, jeżeli akurat dziś bułka jest cięższa). Po miesiącu obliczymy średnią z tych różnic, podzielimy przez d_2=1,128, i otrzymamy w ten sposób sigmę krótkoterminową, czyli, właściwie sigmę procesu. Jeżeli w tym czasie zaszła jakaś skokowa zmiana średniej masy bułki, to zmiana ta w minimalnym stopniu zaburzy średni rozstęp dobowy, czyli naszą ocenę sigmy.

Sigmę długoterminową liczymy natomiast jako odchylenie średniokwadratowe dla całego okresu badania. Tu skokowa, jednorazowa zmiana masy bułki odzwierciedli się w stopniu proporcjonalnym do wielkości tej zmiany (chyba że zmiana jest bardzo mała).

W statystycznie uregulowanym (stabilnym) procesie sigma długoterminowa (σ_{LT} - *long term*) nie różni się istotnie od sigmy krótkoterminowej (σ_{ST} – *short term*). Porównanie σ_{LT} z σ_{ST} jest najprostszym sposobem oceny stabilności procesu.

A jak to jest w metodzie *Six Sigma*? Tam, dla uproszczenia sprawy, założono na podstawie wieloletnich doświadczeń, że typowy proces waha się w lewo i w prawo, o co najwyżej 1,5σ.

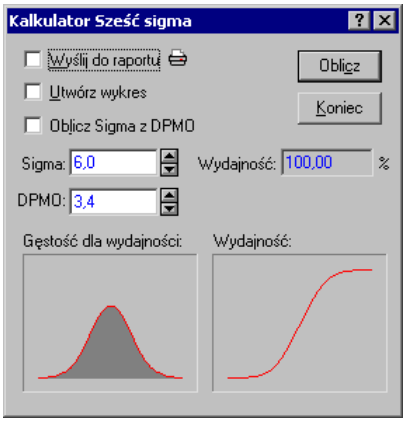
Copyright © StatSoft Polska, 2004
Kopiowanie lub powielanie w jakikolwiek sposób bez zgody StatSoft Polska Sp. z o.o. zabronione



Przy czym σ to oczywiście sigma procesu, w zasadzie więc σ_{ST}. Dodatkowe fluktuacje dodają się do naturalnej zmienności procesu dając łącznie odchylenie standardowe $\sigma_{LT}=1{,}803*\sigma_{ST}$ (1,803 to pierwiastek z sumy kwadratów 1 i 1,5). Zwykle jednak nie wiadomo, jak długo proces przebywa na granicach dopuszczalnej, półtorasigmowej zmienności. Podana relacja między σ_{LT} i σ_{ST} zachodzi tylko w najgorszym wypadku, gdy proces przeskakuje z -1,5σ na +1,5σ i w obu stanach przebywa mniej więcej tak samo długo (patrz: powyższy wykres).

A więc 6σ

W związku z manipulacją sigmą, tytułowe *Sześć Sigma* to nie 6σ, a tylko 4,5σ, czemu odpowiada według rozkładu normalnego prawdopodobieństwo (frakcja) 3,4ppm.



Poziom sigma procesu nie daje się łatwo przeliczyć na tradycyjne C_p, C_{pk}, P_p i P_{pk}. Inaczej definiuje się tu zmienność procesu. Podejście w *Six Sigma* jest uproszczone, być może jest

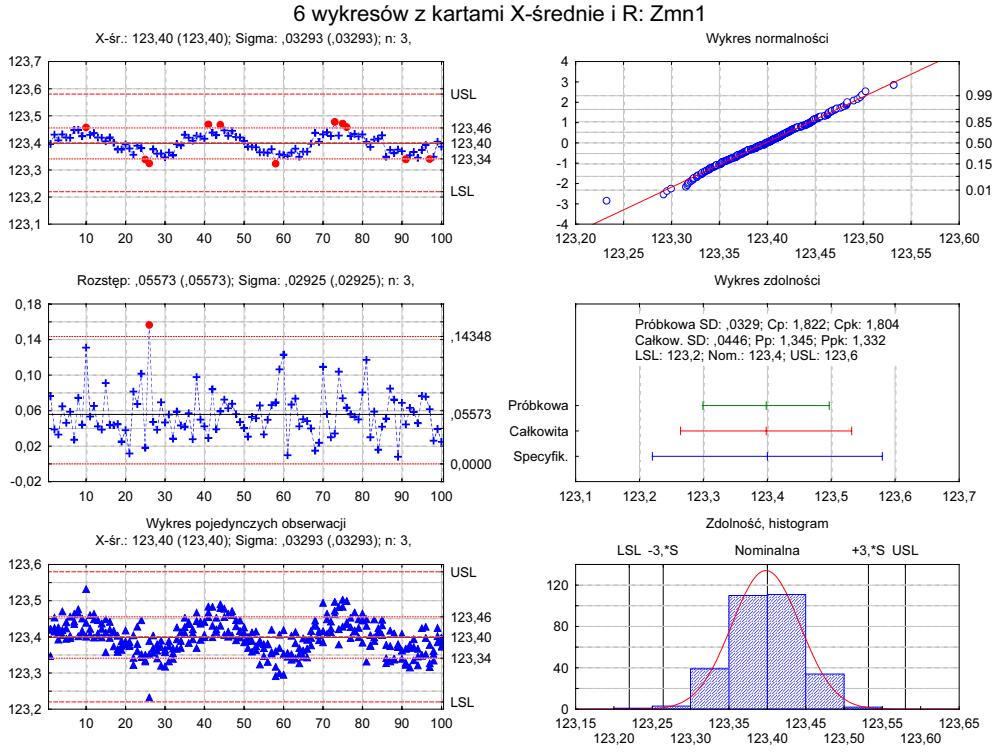
Copyright © StatSoft Polska, 2004
Kopiowanie lub powielanie w jakikolwiek sposób bez zgody StatSoft Polska Sp. z o.o. zabronione

to jednym ze źródeł popularności tej metody. Poza tym może pomogło trochę tajemniczości związanej z niełatwym przeliczeniem poziomu sigma na prawdopodobieństwo.

W tytule tego artykułu w zasadzie przeciwstawiono *Six Sigma* i SPC. Chodziło o wskazanie różnic w podejściu do oceny procesu. Kto stosuje *Six Sigma* bynajmniej nie rezygnuje z SPC; nie rezygnuje przecież z kart kontrolnych ani ze wskaźników zdolności procesu. Wręcz przeciwnie, stosuje SPC ze zrozumieniem, a więc w pełni efektywnie.

Sześć wykresów

Myślenie statystyczne jak każde myślenie polega na rozumieniu. Sprawdzić, czy wysokość tulejki mieści się w tolerancji może maszyna. Upieranie się, że obliczona przed chwilą wartość wskaźnika zdolności C_{pk}=1,32 jest za mała, bo ma być 1,33 nie jest przykładem myślenia statystycznego, bo wiadomo, że tak mała różnica jest przypadkowa. Jak najprościej przejść na „myślenie statystyczne"? Jest pewien sposób, otóż o ile liczba 1,32 JEST różna od liczby 1,33, to te dwie liczby naniesione na wykres obok innych, podobnych wyników będą raczej nieodróżnialne. Wykres, czyli rysunek, jest naturalnym filtrem pozwalający wychwycić ważne różnice, a ukrywającym nieistotne. Po drugie wykresy, czyli obrazki, to forma przekazu bardziej odpowiadająca naturze ludzkiego umysłu. Dlatego w *STATISTICA Karty Kontrolne* jest *Sześć wykresów.*



Copyright © StatSoft Polska, 2004
Kopiowanie lub powielanie w jakikolwiek sposób bez zgody StatSoft Polska Sp. z o.o. zabronione

Cóż widzimy na tym skomplikowanym obrazie typowego procesu *Six Sigma*. Otóż widzimy tu wszystko. I tak w lewej kolumnie dwa pierwsze wykresy to standardowa, dwutorowa karta kontrolna *X-średniego i R*. Na karcie widzimy 100 próbek, na które składają się po trzy pomiary. (Nigdy dość zadawania sobie pytania, dlaczego próbka ma być akurat 3-elementowa i w jakich odstępach czasu ma być pobierana.) Tak to już jest, że jak proces ma fluktuacje na poziomie 1,5σ, to karta kontrolna wykaże rozregulowania w momentach maksymalnego odchylenia. Jak pogodzić to z „ideologią"? To już temat na osobną opowieść. Tak więc na karcie kontrolnej *średnich* (górny wykres) mamy kropki, które w oryginale (czyli na ekranie monitora operatora) są CZERWONE. Wykres niżej (w środku lewej kolumny) to karta R, czyli *rozstępów* w próbkach. No cóż, zdarzyło się rozregulowanie. Nie wykracza ono bardzo daleko poza granicę kontrolną, nie będziemy więc bardzo długo szukać jego przyczyny i może w końcu potraktujemy je jako przypadek. Ogólnie szereg rozstępów, w przeciwieństwie do szeregu średnich, wygląda tu na proces czysto losowy.

W ostatnim (dolnym) z trzech wykresów w lewej kolumnie widzimy po prostu wszystkie pomiary. Po trzy pomiary na każdą próbkę (narysowane jeden nad drugim w pionie). Konfrontacja tego wykresu z kartą kontrolną średnich może być dobrą szkołą myślenia statystycznego. Popatrzmy na umieszczone na wykresach granice specyfikacji USL i LSL. Na górnym wykresie są one optymistycznie daleko od punktów wykresu. Na dolnym tak dobrze już to nie wygląda. To jasne, na karcie średnich wykreślane są średnie, które mają sigmę mniejszą (tu $\sigma_{śr}=\sigma/3^{1/2}$). Klientowi jednak sprzedajemy tulejki, a nie średnie wysokości tulejek w próbce.

Idźmy dalej, do drugiej kolumny wykresów, gdzie na górze mamy *wykres normalności*. Niestety nie unikniemy w SPC, a tym bardziej w *Six Sigma* tematu rozkładu normalnego. Wszystko odnosi się tu do tej, na szczęście najbardziej typowej sytuacji, gdy wysokość tulejki podlega rozkładowi normalnemu (Gaussa, krzywej dzwonowej). A jeśli nie podlega? Są wtedy dwie drogi: przekształcić zmienną, np. obliczyć z niej logarytm, a można też dostosować do aktualnego rozkładu kartę kontrolną. Obie metody zastosować możemy, używając kart kontrolnych *STATISTICA*. Górny wykres po prawej pozwala nam odpowiedzieć na pytanie, czy nasze dane mają rozkład normalny czy nie. Wykres ten jest tak skonstruowany, że jeśli dane są „normalne", to poszczególne punkty ilustrujące pomiary powinny układać się mniej więcej wzdłuż prostej. Zgodność punktów z prostą dość łatwo zaobserwować. Co natomiast oznacza sformułowanie „mniej więcej", tu uruchomić już trzeba myślenie statystyczne albo doświadczenie.

Niżej, na środkowym wykresie prawej kolumny mamy trzy kreski. To podstawowe podsumowanie zdolności procesu. Pierwsza kreska (odcinek), z reguły najkrótsza, nazwana jest „próbkową". Odcinek ten ma długość $6\sigma_{ST}$, czyli sześciu sigm procesu, a jego środek umieszczony jest tam, gdzie wypada aktualna średnia procesu. Długość 6σ nie ma wiele wspólnego z *Six Sigma*, chodzi tu o tzw. szerokość procesu, definiowaną według starej konwencji jako ±3σ, przy czym ±3 daje właśnie w sumie 6. Środkowy odcinek, oznaczony jako „całkowita", ma długość $6\sigma_{LT}$; obliczany jest więc według sigmy długoterminowej, która tak naprawdę jest sigmą całkowitą, sumaryczną, zawierającą wszelką zmienność, krótko- i długoterminową. Ten odcinek prawie zawsze będzie dłuższy. Wreszcie ostatni

Copyright © StatSoft Polska, 2004
Kopiowanie lub powielanie w jakikolwiek sposób bez zgody StatSoft Polska Sp. z o.o. zabronione

odcinek – to wymóg klienta, specyfikacja, jego lewa i prawa granica to LSL i USL. Patrząc jak dwa górne odcinki mieszczą się w dolnym, widzimy, czy nasz proces spełnia wymagania. W przypadku gdyby wszystkie trzy odcinki były równe, mielibyśmy proces absolutnie stabilny statystycznie, wycentrowały, o zdolności $C_p=C_{pk}=P_p=P_{pk}=1$. Przykładowy proces z powyższego rysunku ma większą zdolność, bo to proces *Six Sigma* (na poziomie 6).

Ostatni, dobrze znany wykres to histogram z krzywą odpowiedniego rozkładu (tu: normalnego). Są tu zaznaczone granice specyfikacji i naturalna szerokość procesu $\pm 3\sigma$.

Podsumowując *Sześć wykresów*: patrząc od strony sprzedaży, widzimy tu, jak proces mieści się w specyfikacji, czy mamy jakąś rezerwę, czy jest bardzo dobrze, czy może tylko „na styk". Od strony procesu natomiast, widzimy, jak jest z jego statystycznym uregulowaniem. Szczegółowy wgląd daje nam karta kontrolna, a zgrubny porównanie dwóch szerokości procesu: próbkowej z całkowitą.

Literatura

1. D. J. Wheeler, *Making Sense of Data*, SPC Press, Knoxwille, Tenessee, 2003, stron 396.
2. F. W. Breyfogle III, *Implementing Six Sigma – Smarter Solutions Using Statistical Methods*, Wiley 1999.
3. J. G. Voelkel, 2002, *Something's Missing – An education in statistical methods will make employees more valuable to Six Sigma corporations*, „Quality Progress", v. 35, nr 5.
4. J. S. Hunter, 2002, *Shewhart Charts and Serially Recorded Data*, „Quality Progress", v. 35, nr 2.
5. J. M. Lucas, 2002, *The Essential Six Sigma*, „Quality Progress", v. 35, nr 1.
6. J. S. Hunter, 2004, *Improving an Unstable Process*, „Quality Progress", v. 37, nr 2, p.68
7. K. L. Johnoson, 2004, *Flip the Clip*, „Quality Progress", v. 37, nr 2, p.104.
8. F. Rudisill, S. Druley, 2004, *Which Six Sigma Metric Should I Use?*, „Quality Progress", v. 37, nr 3, p.104.
9. J. G. Voelkel, 2004, *What Is 3.4 per Milion*, „Quality Progress", v. 37, nr 5, p.63.
10. L. B. Hare, 2004, *Salami Slicing*, „Quality Progress", v. 37, nr 6, p.76.

Copyright © StatSoft Polska, 2004
Kopiowanie lub powielanie w jakikolwiek sposób bez zgody StatSoft Polska Sp. z o.o. zabronione