

STATYSTYKA W KOMPLEKSOWYM ZARZĄDZANIU JAKOŚCIĄ¹

*prof. dr hab. inż. Jacek Koronacki, Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej
i Zarządzania pod auspicjami Polskiej Akademii Nauk*

Krótko o kompleksowym zarządzaniu jakością

Celem niniejszego opracowania jest naszkicowanie miejsca, jakie w kompleksowym zarządzaniu jakością (w skrócie, TQM, od terminu angielskiego *total quality management*) zajmują metody statystyczne. Krótko wskażemy dlaczego właściwie pomyślana statystyczna analiza danych jest w rzeczywistości jednym z filarów TQM.

W obecnej dobie żadne przedsiębiorstwo, bez względu na to czy produkcyjne czy usługowe, żadna organizacja - bez względu na jej wielkość, rodzaj produkcji lub usług - nie osiągnie trwałego sukcesu na rynku, jeśli nie będzie w sposób systematyczny dbać o swoją stałą poprawę.

Stała poprawa nie dzieje się automatycznie, lecz jest to zamierzona i zaplanowana właściwość organizacji pojmowanej jako system zbudowany ze współzależnych części składowych. Stała poprawa nie jest zatem możliwa bez zrozumienia jej istoty przez zarząd organizacji – ponieważ to na zarządzie spoczywa odpowiedzialność za „wbudowanie” w organizację zdolności do stałej poprawy. Dobrze pojęte zarządzanie całym systemem oznacza zarazem poszukiwanie sposobów zmniejszenia jego złożoności.

Mówimy tu o organizacji jako o *systemie*, ponieważ przez organizację „przepływają” strumienie pracy, czyli realizowane są specyficznie połączone łańcuchy procesów, wiążące grupy ludzi i wydziały organizacji (przypomnijmy, że formalna definicja systemu powiada, iż systemem jest zbiór wzajemnie zależnych procesów mających wspólny cel). Nastawienie na jakość (i stałą poprawę jakości) wyników działania organizacji każe traktować odbiorców i dostawców organizacji jako części całego systemu. Rzeczywiście, zgadzając się z normą PN-ISO 8402, że jakością dowolnego obiektu jest ogół jego właściwości, wiążących się ze zdolnością tego obiektu do zaspokojenia potrzeb stwierdzonych i oczekiwanych, to oczywiście odwołujemy się tu do potrzeb odbiorcy (przez obiekt rozumiemy tu dowolny produkt, półprodukt, usługę, operację finansową lub księgową, itd.). Z kolei, by móc te potrzeby spełniać w sposób ekonomiczny, i to spełniać je w sposób coraz doskonalszy, musimy umieć zapewnić sobie odpowiednią jakość obiektów dostarczanych nam przez naszych dostawców.

Traktowanie dostawców i odbiorców jako części systemu jest także dlatego logiczne, że pozwala w jednolity sposób patrzeć zarówno na organizację jako całość, jak i na jej części, czyli procesy realizowane wewnątrz organizacji (np. w przypadku procesu toczenia



cylindra w odlewie metalowym dostawcą jest odlewnia, zaś gotowy cylinder ma w tej samej fabryce swojego odbiorcę).

Zauważmy, że – jak się dziś mówi – *sluchanie głosu odbiorcy* wynika z konieczności spełniania aktualnych potrzeb odbiorcy oraz stałej poprawy jakości. Tym sposobem narzuca także konieczność dokonywania innowacji w procesach realizowanych w organizacji oraz w finalnych wyrobach organizacji. (Jak to sugeruje przytoczona definicja jakości, dostawca stara się nie tylko zaspokoić *stwierdzone* potrzeby odbiorcy, ale także *oczekiwane*, czyli również takie, których odbiorca jeszcze sam nie potrafi sformułować, ale które przyjmie jako przez siebie oczekiwane, gdy dostawca zaoferuje mu jakościowo nowy wyrób – nowy produkt lub nową usługę.)

Już z tych uwag wynika, że **strategia stałej poprawy jest zadaniem dotyczącym całej organizacji**, powinna dotyczyć wszystkich aspektów jej działania i wszystkich procesów w niej realizowanych. Inicjatywa jej wdrożenia, odpowiedzialność za jej wdrożenie i działanie, kierowanie jej wdrożeniem i działaniem są zadaniami najwyższego kierownictwa. W uporządkowany sposób odpowiednie zadania są przydzielane niższemu szczeblom kierownictwa, kadrze inżyniersko-technicznej, kolejnym szczeblom załogi.

Ażeby mogło się to **odbywać w sposób uporządkowany oraz ekonomiczny**, i by jednocześnie oznaczało szukanie sposobów zmniejszania złożoności organizacji, niezbędne jest opracowanie jasnych i adekwatnych procedur postępowania projakościowego, obejmujących wszystkie aspekty i szczeble działania organizacji. **Procedury muszą tworzyć zintegrowany system**. Muszą mieć charakter procedur standardowych, choć dopuszczających ich uporządkowaną zmianę, jeśli właściwie przeprowadzone badania wykazały, że zmiana taka prowadzi do poprawy. Pierwszej standaryzacji nie wolno przy tym dokonać zbyt wcześnie – kompleksowe i rzeczywiście skuteczne działania projakościowe w organizacji nie dają się wdrożyć z dnia na dzień, ich wypracowanie wymaga doświadczeń i czasu. Przedwczesna standaryzacja z całą pewnością zamieniłaby wspomniane działania w rytuał bez znaczenia i sensu, gdziekolwiek zresztą niestety praktykowany.

Całość tu zarysowanej strategii nosi dziś nazwę kompleksowego zarządzania jakością (TQM). Strategii tej nie będziemy tu omawiać, ponieważ cel niniejszego opracowania jest inny, podamy jednak jeszcze kilka uwag ogólniejszej natury, niekoniecznie bezpośrednio dotyczących miejsca metod statystycznych w TQM.

Za ojca TQM można uznać Waltera Shewharta. Jego praca w Western Electric Company oraz jego fundamentalne dzieło o znamienym tytule *Economic Control of Quality of Manufactured Product*, wydane w roku 1931, otworzyły drogę nowoczesnej myśli o zarządzaniu jakością. W zasadzie Shewhart ograniczył się do tego co dziś nazywamy statystycznym sterowaniem procesem, ale już jego wybitny uczeń, W. Edwards Deming, rozszerzył metodologię swego nauczyciela do całościowej strategii stałej poprawy jakości w organizacji. W pierwszym dziesięcioleciu powojennym istotny wpływ na naukę (a później i praktykę) zarządzania jakością wywarł także kolejny Amerykanin, J.M. Juran. Myśl Deminga nie od razu została doceniona w USA. Dlatego to już w roku 1947, na zaproszenie generała Mc Arthura, Deming znalazł się w Japonii, by tam stać się ojcem



słynnej dziś jakościowej doskonałości produktów japońskich. Również inni jeszcze Amerykanie oraz Japończycy, zwłaszcza profesorowie Kaoru Ishikawa i Genichi Taguchi, dodali swój wkład w teorię i praktykę kompleksowego zarządzania jakością (w roku 1967 Japończycy sformułowali strategię o angielskiej nazwie *company wide quality control*, w skrócie CWQC). Dziś, syntezę tych wszystkich metodologii określamy mianem TQM.

Coraz szerzej obowiązującym na świecie kompendium na temat TQM są normy międzynarodowe PN-ISO serii 9000. Obecnie trwa opracowywanie rewizji normy ISO 9001 (planowane jest jej wydanie w roku 2000, ale wygląda na to, że w roku 2000 ukaże się tylko jej oficjalny projekt, tzw. *draft international standard*, zawsze poprzedzający wydanie dokumentu w ostatecznej postaci). Celem rewizji jest usunięcie wad aktualnej wersji, w tym uczynienie jej bliższą praktyce z zachowaniem jej ogólności oraz uczynienie jej łatwiej stosowalną w małych firmach. Nie ulegną przy tym zmianie zasadnicze wątki normy.

Wszystkie normy serii 9000 dotyczą *systemów jakości*. Norma 9001 dotyczy modelu zapewnienia jakości w projektowaniu, pracach rozwojowych, produkcji, instalowaniu i serwisie, norma 9002 -- modelu zapewnienia jakości w produkcji, instalowaniu i serwisie, norma 9003 – modelu zapewnienia jakości w kontroli i badaniach końcowych. Norma 9004 nosi tytuł *Zarządzanie jakością i elementy systemu jakości – Wytyczne doskonalenia jakości*.

Przykładowo, najszerza z nich, norma PN-ISO 9001, obejmuje 20 wyszczególnionych zagadnień ogólnych: odpowiedzialność kierownictwa; system jakości; przegląd umowy; sterowanie projektowaniem; nadzór nad dokumentacją i danymi; zakupy; nadzorowanie wyrobu dostarczonego przez klienta; identyfikacja i identyfikowalność wyrobu; sterowanie procesem; nadzorowanie wyposażenia do kontroli, pomiarów i badań; status kontroli i badania; nadzorowanie wyrobu niezgodnego z wymaganiami; działania korygujące i zapobiegawcze; postępowanie z wyrobem, jego przechowywanie, pakowanie, zabezpieczanie i dostarczanie; nadzorowanie zapisów dotyczących jakości; wewnętrzne audyty jakości; szkolenie; serwis; metody statystyczne.

Podane hasła dobitnie ilustrują sensu stricto kompleksowy charakter zarządzania jakością w organizacji. Wniknięcie w treść norm serii 9000 pozwala dostrzec, iż prawdziwym fundamentem TQM jest następująca prawda:

♦ **Zasadniczą rolę w każdej organizacji odgrywa dbałość o jakość procesów, prowadzących do uzyskania końcowego efektu działania systemu. Jakość końcowego efektu (czyli jakość finalnego produktu lub usługi) jest konsekwencją dbałości o jakość procesów. Musimy patrzeć pod prąd i koncentrować się na źródle jakości końcowej – na projekcie produktu lub usługi i na procesach realizowanych w organizacji. Jeśli tak nie czynimy, zachowujemy się jak kierowca, który prowadzi samochód nie patrząc się przed siebie lecz obserwując białą linię w lusterku wstecznym. Jeśli natomiast tak postępujemy, otwieramy drogę do zapobiegania problemom zawczasu, unikania błędów, redukcji zmienności w organizacji oraz stałego doskonalenia procesów i organizacji jako całości.**



Choć normy serii 9000 tego niestety explicite nie pokazują, ani zmiany projektowe, ani dbałość o jakość procesów nie mogą się obejść bez szerokiego stosowania metod statystycznych. Jak bardzo prawdziwe jest to stwierdzenie, pokażą zrewidowane normy, ponieważ towarzyszyć im będą dokumenty wskazujące jakie narzędzia i techniki należy lub można stosować dla zrealizowania konkretnych zadań projakościowych. Od kilku lat pokazuje to już norma przyjęta przez tzw. Wielką Trójkę, czyli trzy amerykańskie koncerny samochodowe, Chryslera, Forda i GM (Opel). Norma ta, znana jako QS 9000 (*Quality System Requirements*), wraz z normami jej towarzyszącymi (*Quality System Assessments, Production Part Approval Process, Potential Failure Mode Effects Analysis, Fundamental Statistical Process Control, Measurement System Analysis, Advanced Product Quality and Control Plan*) jest zbiorem dokumentów zgodnych z normami ISO 9000, ale nieporównanie bardziej szczegółowym i konkretnym, wskazującym jak, gdzie i co stosować. Zbiór standardów QS 9000 adresowany jest do dostawców wewnętrznych i zewnętrznych. W przypadku dostawców zewnętrznych Wielka Trójka wymaga certyfikacji działań projakościowych wg standardu QS od dostawców dwóch poziomów – od swoich dostawców bezpośrednich oraz od dostawców bezpośrednich tych ostatnich. Standardy QS są dziś dokumentami szeroko uznanymi na świecie już choćby dlatego, że Wielka Trójka ma kooperantów nieomal wszędzie.

Zarówno normy PN-ISO jak i normy QS stawiają konkretne wymagania dostawcom wewnętrznym i zewnętrznym oraz ustalają ich odpowiedzialność za spełnianie tych wymagań. To z kolei oznacza uruchomienie kompleksowych, dobrze określonych i uporządkowanych działań projakościowych. W ten sposób zrealizowany może zostać wcześniej już sformułowany cel zarządzania jakością: zapobieganie problemom zawczasu, unikanie błędów, redukcja zmienności w organizacji oraz stałe doskonalenie procesów i organizacji jako całości.

Przejsie od procedur „menedżerskich” do działania najczęściej oznacza odwołanie się do pomocy metod statystycznych. Metody te wskazują, jak zbierać informacje o procesie. Chronią – także kadre kierowniczą -- przed niewłaściwą interpretacją danych i podejmowaniem pochopnych decyzji. Są niezastąpione już choćby dlatego, że najlepiej (z metodologicznego i praktycznego punktu widzenia) nadają się do analizy danych i zmienności w nich ukrytej.

Analiza zmienności

Znajomość teorii zmienności jest jednym z najpotężniejszych narzędzi, jakimi przedsiębiorstwo może się posłużyć. Pozwala usprawnić organizację, więcej, stwarza możliwości stałej jej poprawy. Jest kluczowym elementem w „układance”, jaką musi złożyć kierownictwo przedsiębiorstwa, jeśli chce by przedsiębiorstwo prawidłowo funkcjonowało.

Ludzie, którzy nie rozumieją zmienności:

- ◆ podejmują złe decyzje i działania;
- ◆ dostrzegają trendy tam, gdzie ich nie ma;



- ◆ próbują przedstawić naturalną zmienność jako zdarzenia o specjalnym znaczeniu;
- ◆ karzą i nagradzają ludzi za rzeczy, na które ci ludzie nie mają wpływu;
- ◆ nie rozumieją dotychczasowego działania (przedsiębiorstwa, procesu produkcji itd.);
- ◆ nie mogą poprawnie przewidywać lub podejmować planów na przyszłość;
- ◆ mają ograniczoną zdolność czynienia usprawnień.

Każda mierzona zmienna wyjściowa oraz każda mierzona zmienna procesu charakteryzuje się pewną zmiennością. Metoda pomiaru może nie być w stanie wykryć tej zmienności, ponieważ zmienność może być zbyt mała, pomiar zmienności może być niemożliwy z innych względów, ale zmienność zawsze jest (w przykładzie, do którego wrócimy niżej, odbiorca pewnych samochodowych skrzyń biegów mógł dojść do wniosku, że średnice ich wałów głównych charakteryzuje *brak* zmienności – rzecz jednak polegała na tym, że zmienność była o dwa rzędy wielkości mniejsza od dopuszczanej przez granice tolerancji i stosowane przez odbiorcę aparaty pomiarowe były zbyt niedokładne).

Zmienność występująca w każdym procesie lub systemie jest nieunikniona, ale jeżeli jest zbyt duża, koszt jej istnienia może okazać się nieproporcjonalnie wysoki, czy to jako koszt materiałów, czy jako koszt utrzymania obiektu, koszt wynagrodzeń, czy koszt wynikły z czasochłonności przedsięwzięcia. Zmienność może zdusić zdolności twórcze i innowacyjne, może też nadważyć lub wręcz zniszczyć dobre imię organizacji.

Na przykład:

- ◆ wyrób (usługa) może nie spełniać wymagań odbiorcy;
- ◆ części (moduły) mogą do siebie źle pasować lub wręcz nie pasować;
- ◆ dostawy mogą nadchodzić zbyt nieregularnie, by zachować płynność produkcji bez rozbudowy magazynów;
- ◆ zbytne opóźnienia w płatnościach mogą spowodować kłopoty finansowe lub utratę kooperanta;
- ◆ zła obsługa może spowodować utratę klientów.

Wspomniana już historia wałów głównych skrzyni biegów o rzekomo niezmiennych średnicach była słynna w kręgach konsultantów-statystyków w końcu lat 80-tych. Odbiorcą wałów był jeden z największych na świecie koncernów samochodowych, ich dostawcą były dwie firmy, japońska i 'niejapońska'. O jakości wałów japońskich napisaliśmy już wcześniej. Ale także wały niejapońskie były zgodne ze specyfikacjami, średnice leżały w granicach tolerancji, choć wykrycie zmienności ich średnic nie wymagało użycia żadnej specjalnej aparatury. I nikt nie przejąłby się różnicą jakości jednych i drugich wałów, gdyby nie pewna specyficzna grupa klientów kupujących samochody koncernu. Otóż robotnicy zatrudnieni w zakładach montujących samochody zauważyli, że zmiana biegów w samochodach z wałami japońskimi jest gładzsza i przeto starali się kupować samochody z takimi właśnie wałami. Kierownictwo zakładu zostało przez sprzedawców poinformowane o zachowaniu robotników, i stąd w ogóle wzięły się dodatkowe pomiary wałów, a w rezultacie walka o poprawę wizerunku koncernu.



Redukcja zmienności jest koniecznością. Niezbędne jest zatem zrozumienie natury zmienności. Do niedawna ze zrozumieniem zmienności przez kadre kierowniczą i skutkiem tego przez załogi organizacji przemysłowych, usługowych i finansowych Zachodu było zaskakująco źle. Gdyby było dobrze, zachodnie koncerny samochodowe nie ustąpiłyby tyle pola koncernom japońskim, na początku lat 90-tych w Nowym Jorku nie doszłoby do sześciogodzinnej przerwy w międzymiastowej łączności telefonicznej i przez to do paraliżu naziemnej kontroli ruchu powietrznego nad tamtym terytorium, itd, itp.

Tymczasem nowoczesna teoria i praktyka zmniejszania zmienności liczy już sobie około 75 lat. Western Electric Company w Chicago miało w roku 1924 kłopoty z wytworzeniem sprzętu telefonicznego możliwie jednolitego i całkowicie niezawodnego. Początkowo udawało się poprawiać jakość sprzętu, ale po osiągnięciu pewnego poziomu okazało się, że często coraz bardziej intensywne wysiłki zmniejszenia zmienności prowadziły do efektu odwrotnego do zamierzonego. Firma zaprosiła do pomocy młodego fizyka z Bell Laboratories, Waltera Shewharta, który odkrył, że na zmienność każdego z procesów cząstkowych (podprocesów procesu produkcji) składały się dwa, jakościowo odmienne, typy zmienności:

- ◆ **Zmienność „własna”, wynikająca z przyczyn „losowych”, zwanych też „ogólnymi”,** które pełnią rolę „szumu” stale obecnego w tym procesie. Przyczyny te są zawsze obecne i mogą ulec zmianie jedynie w przypadku zmienienia w jakiś sposób procesu. Na żadnej konkretnej tokarce, doskonale sprawnej i pracującej w zdawałoby się tych samych warunkach, nie uda się wyprodukować dwóch idealnie takich samych wałków. Jeżeli zmienność ich średnic nam nie odpowiada, możemy zmienić tokarkę, albo możemy zmienić technologię otrzymywania odlewów, z których toczymy wałki, ale to będzie już równoznaczne ze zmianami procesu – odtąd analizie będzie w istocie poddawany inny proces. Z tym, że i tym razem będzie się ten proces charakteryzował jakąś zmiennością średnicy wałka, może nawet o rząd mniejszą, ale na pewno nie zerową. Innym przykładem procesu może być realizowanie przez firmę płatności – każdej ustalonej procedurze realizacji będzie towarzyszyć jakaś zmienność (czasu do zrealizowania płatności, procentu płatności niezrealizowanych na czas) wynikająca z przyczyn ogólnych, czyli zmienność własna.
- ◆ **Zmienność wynikająca z przyczyn „wyznaczalnych”, zwanych też „specjalnymi”,** które pełnią rolę „sygnałów” (ta ostatnia nazwa bierze się stąd, że obecność takiej zmienności można wykryć dzięki umiejętności identyfikacji sygnałów na tę obecność wskazujących). Przyczyny specjalne występują sporadycznie (choć od chwili wystąpienia takiej przyczyny, jej działanie może już nie ustąpić). Generalnie biorąc przyczyny specjalne wpływają na procesy w sposób niemożliwy do przewidzenia i zwykle zwiększają zmienność. Może być to chwilowe drganie łożyska tokarki albo stępienie fragmentu noża. W drugim przykładzie może np. wystąpić nieprzewidziane i nietypowe wydłużenie czasu realizacji płatności skutkiem tego, że pojawiły się płatności nowego typu, albo też dlatego, że zatrudniono dodatkowych księgowych.

To zdawałoby się proste odkrycie Shewharta było zarazem odkryciem genialnym. Bez niego, systematyczne, konsekwentne i skuteczne zmniejszanie zmienności byłoby niemożliwe. Shewhart był twórcą statystycznego sterowania procesami (w skrócie SPC od



ang. *statistical process control*). Jak już wspomnieliśmy, idee SPC stworzyły podwaliny pod całościową filozofię zarządzania według Deminga.

Odkrycia i metody Shewharta, całe SPC stosuje się nie tylko do systemów produkcji, ale do dowolnych innych systemów, w tym do usług, do systemów remontowych, administracyjnych, księgowości, analiz finansowych, sprzedaży, itd.

O tym, że podane obserwacje Shewharta mają kapitalne znaczenie, świadczą następujące, wypływające z nich wnioski:

- ◆ Wszystkie zbiory danych zawierają *szum* (związany z istnieniem przyczyn ogólnych); niektóre zbiory danych zawierają również *sygnały* (wynikłe z zaistnienia przyczyn specjalnych).
- ◆ Pierwszym krokiem na drodze do kierowania jakimkolwiek procesem i zmniejszenia jego zmienności jest rozróżnienie między ogólnymi i specjalnymi przyczynami obecnej zmienności.
- ◆ Ponieważ charakter obydwu rodzajów zmienności jest jakościowo diametralnie odmienny, każdy z nich wymaga zupełnie innych sposobów zmniejszania zmienności.
- ◆ W przypadku gdy występują specjalne przyczyny, wyjście procesu nie jest stabilne w czasie i nie możemy nic powiedzieć o tym jakiej zmienności należy oczekiwać w najbliższej przyszłości. Do chwili zidentyfikowania i usunięcia wszystkich istotnych specjalnych przyczyn zmienności procesu, przyczyny te wpływają na proces i jego wyjście w nieprzewidywalny sposób. Jeśli wystąpi drganie łożyska tokarki, jakość toczonych elementów nagle się istotnie pogorszy, by znowu poprawić się, gdy drganie ustąpi. Przyczyny specjalne w nieprzewidywany sposób wpłyną na wyniki finansowe firmy. W rezultacie, w przypadku występowania przyczyn specjalnych, niemożliwe jest ocenienie efektów zmian w projekcie, efektów zmian w przygotowaniu pracowników, efektów zmiany materiałów od dostawcy itd. **Systematyczne identyfikowanie i usuwanie specjalnych przyczyn zmienności procesu jest zatem niezbędnym i koniecznym pierwszym krokiem na drodze do zmniejszenia zmienności procesu.**
- ◆ Zmienność wynikająca z istnienia przyczyn ogólnych może być zmniejszona jedynie w wyniku poprawienia samego procesu. Wynika stąd, że **w przypadku gdy w procesie lub systemie obserwuje się jedynie jego zmienność własną, poprawę można osiągnąć wyłącznie dzięki działaniom kierownictwa, zmieniającym ów system lub proces.**

System, z którego usunięto specjalne przyczyny zmienności, nazywany jest *stabilnym*. Mówimy wówczas również, że system jest w stanie *statystycznego uregulowania*. Systemem stabilnym jest zatem taki system, którego zachowanie jest przewidywalne w granicach wynikających z istnienia jedynie ogólnych przyczyn zmienności. Ze znaną dokładnością możemy przewidzieć czas realizacji płatności lub średnicę toczonych wałków. **System, który jest stabilny, charakteryzuje się najmniejszą możliwą dlań zmiennością - tylko zmiana samego systemu może jeszcze zredukować zmienność.** Stabilność procesu nie jest jego stanem naturalnym.



To że proces jest stabilny **nie** oznacza, iż jego zachowanie jest zadowalające. Wyjście może nie spełniać wymagań odbiorcy przez pewien lub cały czas. Przy tym, całkowita zmienność własna określa „**zdolność**” procesu. Cel, który wykracza poza zdolność procesu nie może być osiągnięty inaczej niż przez zmianę tego procesu lub zepsucie innych procesów w systemie (w produkcji wieloasortymentowej przykładem mogą być wykraczające poza zdolność procesu wymagania odbiorcy dotyczące jednego z wyrobów). Wynika z tego, że ustalanie arbitralnych celów (wyrażanych np. liczbowo), bez podania sposobów ich osiągnięcia, z dużym prawdopodobieństwem okazuje się być szkodliwe dla przedsiębiorstwa i stresujące dla osób zaangażowanych w osiągnięcie tych celów.

Zarówno poszukiwanie sygnałów jak i analizę zdolności procesu prowadzi się za pomocą narzędzi statystycznych. W szczególności, bardzo prostym i zadziwiająco skutecznym narzędziem wykrywania wystąpienia w procesie sygnałów są **karty kontrolne** zaproponowane przez Shewharta. Po krótkiej nauce podstawowe karty mogą być stosowane przez każdego. Nie są pomyślane jako środek, którym mogą się posługiwać tylko statystycy ‘eksperti’.

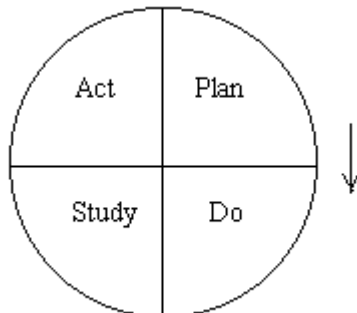
Karty kontrolne to w rzeczywistości *karty przebiegu procesu* z granicami kontrolnymi, tzn. granicami pokazującymi zakres losowej zmienności własnej, umieszczonymi trzy odchylenia standardowe ponad i trzy pod wartością średnią (dokładniej konstrukcja kart kontrolnych opisana jest w opracowaniu poświęconym metodom statystycznego sterowania jakością). Upraszczając, na kartę nanosi się w kolejnych chwilach zaobserwowane wartości wielkości mierzonej w procesie (nanoszoną wartością może np. być średnica toczonego wałka lub – lepiej -- średnia średnic z kilku pomiarów, jeśli zdecydowaliśmy się mierzyć w regularnych odstępach czasu po kilka średnic wałków schodzących z obrabiarki). Punkty znajdujące się poza obszarem wyznaczonym tymi granicami można uznać za wyniki z zaistnienia przyczyn specjalnych. Tak samo jest z punktami, które leżą wprawdzie między granicami kontrolnymi, ale tworzą pewną specyficzną konfigurację. W przypadku wystąpienia przyczyny specjalnej należy znaleźć jej źródło.

Analiza i zmiana procesu

Zwróciliśmy już uwagę, że strategia zmniejszania zmienności i tym sposobem poprawiania jakości jest dwójakiego typu:

- ♦ Z chwilą wykrycia istnienia przyczyny specjalnej należy podjąć jej zbadanie, znaleźć jej źródło i ją usunąć lub wyodrębnić (nie wszystkie przyczyny specjalne są szkodliwe.) Ludźmi najlepiej przygotowanymi do podjęcia tych działań są operatorzy procesu wspomagani przez swoich przełożonych. Do wykrywania sygnałów służą karty kontrolne.
- ♦ W przypadku, gdy proces lub system jest stabilny (nie występują żadne przyczyny specjalne), błędem jest reagowanie na pojedyncze zdarzenia lub dane. Poprawę może przynieść wyłącznie dokonanie zmiany w procesie lub systemie. Metodologiczną podstawę takiego postępowania stanowi cykl PDSA (od ang. *plan-do-study-act*, czyli zaplanuj-wykonaj-zbadaj-działaj), zwany też cyklem PDCA (od ang. *plan-do-check-*

act, czyli z ‘sprawdź’ zamiast ‘zbadaj’). Cykl PDSA jest **spirala** ciągłej poprawy. Działanie to leży w kompetencjach kierownictwa odpowiedniego szczebla, ono tylko bowiem jest władne wprowadzać zmiany w procesie.



Cykl PDSA jest koncepcyjnie zupełnie oczywisty i naturalny. W przypadku procesu stabilnego wysiłek na rzecz zmniejszenia jego zmienności własnej musi zacząć się od zaplanowania zmiany (stąd termin *zaplanuj*). Krokiem następnym jest dokonanie owej zmiany (stąd *wykonaj*). Z kolei konieczne staje się zbadanie skutków zmiany (*zbadaj*) i ostatecznie wyciągnięcie wniosków, czyli podjęcie adekwatnego działania (*działaj*). Warto przy tym zauważyć, że ocena skutków zmiany wymaga najpierw ustabilizowania procesu po zmianie. Jeśli zmiana okazuje się prowadzić do rzeczywistej poprawy, proces zostaje zmieniony. Jeśli nie, potrzebne jest powtórzenie cyklu PDSA. Ostatecznie zmieniony i dzięki temu poprawiony proces może zostać poddany kolejnemu udoskonaleniu zgodnie z zasadami cyklu PDSA.

Strategia działania zmierzająca do zmniejszenia zmienności własnej procesu musi zatem być zupełnie inna niż strategia usuwania zmienności wynikłej z istnienia przyczyn specjalnych. Po pierwsze, proces musi zostać lepiej poznany, by możliwa była jego sensowna zmiana. Mamy tu trzy podstawowe drogi dochodzenia do lepszego poznania procesu: **stratyfikację** danych, **zaplanowany eksperyment** oraz **dekompozycję** procesu. Stratyfikacja to podział danych na podzbiory należące do różnych kategorii i oddzielne analizowanie danych każdej kategorii (np. organizacja zainteresowana analizą różnic między budżetem zaplanowanym dla jej inwestycji budowlanych oraz kosztami rzeczywiście poniesionymi może wspólnie badać inwestycje ‘duże’ i ‘małe’, zaś wspomniane różnice mogą się zachowywać różnie w tych dwóch kategoriach – warto więc oddzielnie rozważyć dwa procesy: różnic w przypadku małych inwestycji i różnic w przypadku dużych inwestycji). Eksperyment polega na zaplanowanej zmianie w procesie i obserwacji efektu tej zmiany. Dekompozycja polega na ‘rozłożeniu’ procesu na mniejsze części, też będące procesami (podprocesami procesu oryginalnego) i następnie na oddzielnej analizie podprocesów.

Stratyfikacja, o której tu mowa, jest zamierzonym działaniem analityka procesu i nie jest związana z wystąpieniem jakiegokolwiek sygnału (proces jest stabilny, zaś zadaniem analityka jest zmniejszenie zmienności własnej tego procesu). Czymś innym jest stratyfikacja czyli uwarstwienie obserwacji nanoszonych na kartę kontrolną – takie



uwarstwienie uwidacznia się na karcie kontrolnej jako sygnał w postaci specyficznej konfiguracji punktów na karcie kontrolnej. Uwarstwienie jest tu przyczyną wyznaczalną, proces jest niestabilny, zaś całe badanie dotyczy analizy zmienności, a nie analizy procesu już ustabilizowanego. (Z uwarstwieniem obserwacji mamy np. często do czynienia, gdy w każdej kolejnej chwili dokonujemy pomiarów grubości formowanej płyty w kilku ustalonych punktach przekroju płyty – szerokość na brzegu bywa różna od szerokości w środku przekroju.)

Zarówno w zaplanowaniu zmiany jak i ocenie jej skutków znowu najczęściej niezbędne jest użycie metod statystycznych. Zmiana procesu oparta na zamierzonej stratyfikacji lub dekompozycji procesu prowadzi do powtórzenia badań nad zmiennością i zdolnością nowego procesu. Zaplanowany eksperyment jest działaniem bardziej złożonym. **Głównie są to metody związane z planowaniem doświadczeń, analizą regresji, analizą danych wielowymiarowych oraz optymalizacją statystyczną.** Zwykle nie są to już metody tak proste jak np. karty kontrolne, ale też pytania, na które mają odpowiedzieć są znacznie trudniejsze. Informacjom na temat tych metod poświęcone są inne opracowania niniejszego seminarium.

¹ Niniejszy tekst oraz sąsiadujący z nim tekst nt. metod statystycznego sterowania jakością jest znacznie rozszerzoną i zmodyfikowaną wersją opracowania J. Murraya i J. Koronackiego, jakie ukazało się w materiałach *Międzynarodowej Szkoły Jakości*, Mrągowo, 20-22 października 1999, wydanych przez UNDP.