

Przedmowa

Specjaliści są zgodni, że za początek nowoczesnego zarządzania jakością należy uznać wprowadzenie przez Amerykanina, Waltera Andrew Shewharta kart kontrolnych, służących do wykrywania sygnałów rozregulowania procesu produkcji lub procesu świadczenia usług. Początek ów przypada na rok 1924, bowiem to wtedy, po raz pierwszy w historii, karty te zostały zastosowane przez Shewharta w koncernie Western Electric. W tym samym koncernie genialny wynalazca wprowadził algorytm etapowej poprawy jakości, a więc sterowania jakością, później nazwany cyklem Shewharta. W roku 1931 Walter Shewhart opublikował swoje monumentalne dzieło pod wiele mówiącym tytułem *Economic Control of Quality of Manufactured Product*. Zaprezentowany tam sposób patrzenia na jakość i na jej poprawę uczynił z książki pierwszą, po dziś dzień wartą lektury rozprawę ze sterowania jakością. Godzi się w tym miejscu wspomnieć, że idee Shewharta były już przeczuwane przez Henryka Forda i że z lekcji Forda skorzystał Ferdynand Porsche przenosząc fordowskie zasady zarządzania do Niemiec.

Wszakże Shewhart interesował się „tylko” produkcją przemysłową. Tymczasem wyrobem może być zarówno produkt materialny, jak i usługa (równie dobrze można powiedzieć, że także usługa jest produktem, tyle że niematerialnym). Co więcej, na poprawę procesu wytwarzania wyrobu należy spojrzeć szerzej niż przez pryzmat skądinąd niezastąpionych kart kontrolnych. Przedsiębiorstwo to więcej niż procesy wytwarzania wyrobu, i te inne jego aspekty powinny także być objęte działaniami projakościowymi. Najlepiej, i jako pierwszy, dostrzegł to współpracownik Shewharta od roku 1927, William Edwards Deming. To dzięki temu ostatniemu program sterowania jakością procesów, krócej zwany programem sterowania procesami, został w latach czterdziestych ubiegłego wieku rozszerzony do dziedziny zarządzania jakością (zaś cykl Shewharta przemienił się w cykl Shewharta-Deminga).

W czasie drugiej wojny światowej W. Edwards Deming pracował w Departamencie Wojny, później, w roku 1947 znalazł się na zaproszenie gen. Mac Arthura w Japonii, gdzie udało mu się przekonać japońskich przemysłowców do wprowadzenia na masową skalę jego programu projakościowego. Dziś nikt nie poddaje w wątpliwość faktu, że Deming jest ojcem jakościowej doskonałości japońskich wyrobów, i taki tytuł został mu zresztą nadany przez samych Japończyków.

Gdy W. Edwards Deming pracował w Japonii, w roku 1951, w USA, Armand V. Feigenbaum opublikował dzieło pt. *Total Quality Control*, natomiast Joseph M. Juran opublikował pierwsze wydanie swego fundamen-

talnego poradnika pt. *Quality Control Handbook*. Takie były amerykańskie początki zarządzania jakością.

Mniej więcej w tym samym czasie Japończycy, przede wszystkim Kaoru Ishikawa, dodali własne elementy do programu zarządzania jakością. Swojemu podejściu nadali nazwę *Company Wide Quality Control*.

Takie zatem były początki zarządzania jakością na świecie. Dziś dobrze wiadomo, że żadne przedsiębiorstwo nie utrzyma się na rynku bez wprowadzenia do swej codziennej i stałej praktyki dbałości o jakość, najlepiej przez wprowadzenie gruntownie przemyślanego i dobrze dopasowanego do swoich potrzeb systemu zarządzania jakością. I dlatego mamy dziś wiele szkół zarządzania jakością, i mamy także normy ISO z tej dziedziny.

Niniejsza książka prezentuje, zgodnie z tytułem, *techniki* zarządzania jakością, ich istotę, własności i sposoby wykorzystania, nie zajmuje się natomiast *systemami* zarządzania jakością. Na temat tych ostatnich, jak też na temat szeroko pojętej dziedziny zarządzania jakością mamy wiele bardzo dobrych pozycji polskich specjalistów¹ oraz książek zagranicznych, przetłumaczonych na język polski. Nasze zadanie jest skromniejsze i zarazem, dzięki skupieniu się na konkretnych technikach, w jakiejś mierze uniwersalne – przedstawiamy techniki potrzebne w każdym systemie zarządzania jakością i wykorzystywane przez każdą szkołę myślenia o stałym doskonaleniu jakości.

Nie chcemy faworyzować żadnej z wielu szkół zarządzania jakością, chociaż bez wątpienia nasze własne myślenie o etapowej poprawie jakości wyrasta ze szkoły demingowskiej. W takim też kontekście piszemy o szczególnie dziś popularnych, i ciekawych, ideach szkoły Six Sigma. Zgodnie z postulatami Shewharta i Deminga szczególnie wiele miejsca poświęcamy kartom kontrolnym, czyli – szerzej rzecz ujmując – statystycznemu sterowaniu procesami. Uważamy, że dokładne zrozumienie zasad działania kart kontrolnych i dzięki temu właściwe ich zastosowanie w codziennej praktyce przedsiębiorstwa ma, obok projektowania wyrobu i wprowadzania do projektu innowacji (oraz obok atmosfery panującej wśród pracowników), największe znaczenie dla stałego doskonalenia przedsiębiorstwa.

Statystyczne sterowanie procesami ma za swój faktyczny fundament obserwację poczynioną przez Wilfryda Pareta na początku tego wieku. Pareto, który był inżynierem, ale sławę zyskał jako socjolog i ekonomista, zauważył, że źródłem złego funkcjonowania złożonych systemów jest zwykle stosunkowo niewiele przyczyn. Z reguły, w złożonych systemach, takich jak proces produkcji, niewiele przyczyn pociąga za sobą katastrofalnie wiele niepo-

¹p. wykaz literatury na końcu przedmowy, obejmujący najważniejsze naszym zdaniem pozycje opublikowane w roku 1990 lub później.

wodzeń. Zasada Pareta ma doniosłe konsekwencje. Po pierwsze wynika z niej, że poprawa działania systemu może i powinna polegać na wyszukiwaniu i usuwaniu konkretnych, niewielu przyczyn nieuregulowanego przebiegu procesu. Karty kontrolne dają prosty i skuteczny sposób uporządkowanego wykrywania rozregulowań procesu i, tym sposobem, etapowego optymalizowania jego jakości. Najlepiej jest przy tym postępować etapami, zaczynając od usunięcia przyczyny mającej największy wpływ na rozregulowanie procesu. I po drugie, zasada Pareta mówi, że poprawianie jakości jest działaniem metodologicznie prostym oraz, jeśli działa się konsekwentnie, prowadzącym do rzeczywistej i trwałej poprawy jakości. Oczywiście metodologiczna prostota programu statystycznego sterowania procesami oraz umiejętność wykrywania rozregulowań procesów nie oznaczają, że każdą przyczynę rozregulowania jest łatwo znaleźć i usunąć.

Walter Shewhart zrozumiał co w praktyce, i zarazem w języku matematyki, oznacza jakościowa zasada Pareta. Otóż proces wytwarzania wyrobu, nawet gdy przebiega w sposób stabilny (uregulowany), rządony jest przez pewien rozkład prawdopodobieństwa (produkując wałki o średnicy nominalnej 10 mm, kolejne wyprodukowane egzemplarze mają średnice bliskie 10 mm, ale nigdy dokładnie równe 10 mm). W rzeczywistym świecie zdarzają się chwile, w których rozkład rządzący uregulowanym przebiegiem procesu wytwarzania zostaje zaburzony innym rozkładem, nietypowym dla tego procesu (przyczyną zaburzenia może być chwilowe drżenie łożyska tokarki). W chwilach wystąpienia takiego zaburzenia otrzymywany wyrób też charakteryzuje się jakąś nietypowością. Może to być chwilowa zmiana wartości średniej mierzonej wielkości lub zmiana rozrzutu tej wielkości wokół średniej. Karty kontrolne Shewharta umożliwiają wykrycie chwil, w których wytwarzanie ulega rozregulowaniu, czyli charakteryzuje się pewną nietypowością. Wiedząc o rozregulowaniu procesu w jakiejś chwili, możemy postarać się wysledzić przyczynę tego rozregulowania i ją usunąć.

Przedstawiony tu krótko fundament strategii statystycznego sterowania procesami wygląda w gruncie rzeczy dość banalnie. To, że strategia ta jest metodologicznie prosta nie powinno jednak zniechęcać, lecz cieszyć. W końcu łatwiej jest wprowadzać w życie rzeczy proste i zrozumiałe niż złożone i koncepcyjnie trudne. Byłaby to zaś strategia banalna, gdyby prowadziła do banalnych wyników. Tymczasem jest w niej banalności mniej więcej tyle samo ile w zasadzie „niewidzialnej ręki rynku”, sformułowanej przez Adama Smitha. Na prawa wolnego rynku, którego potęgę zrozumiał Adam Smith, można narzekać, zasadę niewidzialnej ręki można uznać za banalną, ale trzeba się zgodzić, że wolny rynek okazał się jedynym źródłem bogactwa narodów. Podobnie Deming, pojechawszy do Japonii i wprowadziwszy do

tamtejszego przemysłu strategię statystycznego sterowania procesami, oraz uogólniwszy ją do strategii zarządzania jakością, udowodnił skuteczność takiego postępowania w optymalizowaniu jakości.

Rozdział 1 zawiera praktyczne wprowadzenie do strategii statystycznego sterowania procesem. Sposób przedstawienia materiału odpowiada potrzebom krótkiego kursu z tego zakresu w zakładzie pracy.

W rozdziale 2 przedstawiamy model statystycznego sterowania procesem oparty na koncepcji wykrywania zaburzeń typowego rozkładu przebiegu tego procesu oraz dokładnie opisujemy sposób konstruowania podstawowych kart kontrolnych, gdy mierzona wielkość przyjmuje wartości liczbowe. Omawiamy zachowanie się kart kontrolnych w różnych praktycznych sytuacjach oraz proponujemy procedury szacowania parametrów procesu niezaburzonego odporne na występujące zaburzenia tego procesu.

Rozdział 3 poświęcony jest kartom kontrolnym, opartym na ocenach alternatywnych. Oceny alternatywne są nieporównanie gorszą podstawą prowadzenia statystycznego sterowania procesem niż dane liczbowe zbierane na wyjściach wielu ogniw procesu, ale często tylko takimi ocenami dysponują przedsiębiorstwa w chwili rozpoczynania programu zarządzania jakością. Często więc od wykorzystania takich ocen wypada rozpocząć.

Rozdział 4 poświęcony jest procedurom sekwencyjnym. Omawiamy klasyczne karty sum skumulowanych oparte na ilorazie wiarogodności, klasyczne karty sum skumulowanych Shewharta, karty sum skumulowanych Page'a, karty sum skumulowanych dla ocen alternatywnych oraz karty wykładniczo ważonej średniej ruchomej.

Karty kontrolne to najważniejsze spośród tzw. siedmiu narzędzi statystycznego sterowania procesem. Pozostałe narzędzia, przede wszystkim diagram Pareta i diagram Ishikawy, omówione są w rozdziale 5. Poza diagramem Ishikawy, wszystkie te narzędzia są graficznymi środkami przedstawienia danych pobranych z działającego procesu. Diagram Ishikawy wprowadzenie nie przedstawia samych danych, ale także opiera się na analizie działającego procesu. Wspólnie, składają się na konieczny zestaw narzędzi do analizy procesów w czasie rzeczywistym, czyli w czasie ich działania (mówiąc z angielska, *on-line*). Narzędzia omówione w rozdz. 5 wspomagają wprowadzenie i prowadzenie programu doskonalenia jakości. Dla przykładu, diagram Pareta może wskazać od jakich problemów rozpocząć implementację kart kontrolnych, natomiast diagram Ishikawy może ułatwić znalezienie przyczyny rozregulowania danego procesu.

Ponadto, w rozdz. 5 wprowadzamy (niełatwe) techniki Bayesa do rozpoznania działania wczesnego stadium złożonego systemu. Robimy to w oparciu o rzeczywisty problem, ponieważ jeden z nas (J.R. Thompson) zo-

stał poproszony przez NASA o opracowanie systemu sterowania jakością, który mógłby być zastosowany na międzynarodowej stacji kosmicznej.

Obszerny rozdział 6 poświęcony jest problemom bezpośrednio wiążącym działania wytwórcze – to, jak zaprojektować wyrób i to, co osiągamy w procesie wytwarzania wyrobu – z wymaganiami klienta (odbiorcy). Omówione są zagadnienia zdolności procesu. Stosunkowo wiele miejsca poświęcamy metodzie Six Sigma. Pozostałe podrozdziały dotyczą działań na etapie projektowania i przeprojektowywania wyrobu (ang. *off-line*). Mówimy o zagadnieniu odzwierciedlenia wymagań klienta w technicznej specyfikacji wyrobu i – szerzej – o narzędziach wspomagających zaprojektowanie wyrobu jak najbliższego wymaganiom klienta oraz lepszego od wyrobów konkurencyjnych. W tym kontekście przedstawiamy tzw. siedem narzędzi zarządzania jakością (zwanym też siedmioma nowymi narzędziami japońskimi), metodę KJ, podejście Kano oraz Dom Jakości.

Projektowe (*off-line*) i operacyjne (*on-line*) reżimy pracy są całkiem różne. Dobre firmy często mają wspaniałe możliwości projektowe ale zapominają, że system raz zbudowany wymaga ciągłego ulepszania. Z drugiej strony specjaliści od zarządzania jakością powinni pamiętać, że dorożka nie zamieni się w Lexusa. Ciągłe optymalizowanie czynności projektowych i operacyjnych powinno być zatem dobrze zorganizowane, nie powinno być inicjowane pochopnie, ale też powinno być nawykiem administratora usług zdrowotnych, inżyniera w przemyśle, czy menadżera. Deming wiedział, jak połączyć optymalizowanie czynności projektowych i operacyjnych w jedną całość. Dlatego w rozdz. 6 przywołujemy cykl Shewharta-Deminga „Planuj-Wykonaj-Studiuuj-Działaj” oraz bazującą na tym cyklu spiralę ciągłego doskonalenia.

W rozdziale 7 przedstawiamy pewną liczbę technik optymalizacyjnych użytecznych przy planowaniu doświadczeń i modyfikowaniu procesu produkcji w celu podniesienia jego – tak czy inaczej rozumianej – wydajności. Jak w przypadku rozdziału 6, techniki omówione w tym rozdziale stosuje się poza normalnym tokiem produkcji, w tym przypadku z góry narzucając zmiany w normalnym przebiegu procesu produkcyjnego. Przykładowo, omawiamy podejście Taguchiego do konstrukcji funkcji jakości, algorytm sympleks Nelder-Meada oraz plan rotatabilny Boxa, Huntera i Drapera.

Rozdział 8 poświęcony jest wykrywaniu rozregulowań procesu w przypadku dysponowania rejestrowanymi w czasie danymi wielowymiarowymi. Proponujemy test wielokrotny jako alternatywę dla serii testów jednowymiarowych. Proponujemy też procedurę szacowania parametru położenia rozkładu niezaburzonego, odporną na występujące zaburzenie tego rozkładu. Ponadto, zaproponowany jest nieparametryczny test przesunięcia parametru

położenia. Problemom wielowymiarowym nie poświęca się zwykle specjalnego miejsca w monografiach z zakresu zarządzania jakością, ale rozwój mocy obliczeniowych naszych komputerów sprawia, że wielowymiarowe sterowanie procesami jest dziś łatwo wykonalne i stąd taki rozdział w naszej książce.

Niniejsza książka jest znaczącym rozszerzeniem i w części wspólnej istotnie zmienioną wersją wcześniejszej książki dwóch pierwszych autorów, *Statystyczne sterowanie procesem: Metoda Deminga etapowej optymalizacji jakości*, Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa 1994. Podrozdziały 2.8, 5.5 i 6.4 powstały na bazie innej książki tych autorów, zatytułowanej *Statistical Process Control: The Deming Paradigm and Beyond, Second Edition*, Chapman & Hall/CRC, 2002.

Książka jest tak pomyślana, by jej zasadnicze partie mogły być wykorzystane przez osoby zainteresowane wyłącznie praktycznym wprowadzeniem strategii zarządzania jakością w przedsiębiorstwie. Podrozdziały technicznie trudniejsze lub zawierające dyskusję bardzo szczególnych zagadnień są oznaczone gwiazdkami i ich pominięcie nie ma wpływu na ciągłość wykładu. Ponieważ książka może być podstawą kursów na uczelniach technicznych i ekonomicznych na trzecim lub czwartym roku studiów, w paru miejscach podane są dowody jakichś matematycznych faktów. Także te dowody mogą być pominięte bez straty dla spójności wyводу. Każdy rozdział ma podane zadania do samodzielnego rozwiązania. Zadania te stanowią integralną część książki. Uwaga ta dotyczy zwłaszcza zadań do rozdziałów 1 i 2, tam bowiem, a nie w środku rozdziałów, podane są rzeczywiste przykłady stosowania kart kontrolnych.

Występujące w książce skróty, np. skrót SPC na statystyczne sterowanie procesem, są skrótami anglojęzycznymi. Tak najczęściej czynią polskie normy i polscy autorzy, i przeto takie skróty są najczęściej spotykanymi. Wypada jeszcze wspomnieć, że – ze względu na to, iż posługiwaliśmy się najczęściej „anglojęzycznymi” komputerowymi pakietami statystycznymi – w ułamkach dziesiętnych stosujemy kropkę zamiast przecinka (także legendy na rysunkach są często anglojęzyczne). Książka nie została zaopatrzona w towarzyszącą dyskietkę z oprogramowaniem, ponieważ standardowe procedury SPC są proste i powszechnie dostępne. Możemy je nie tylko znaleźć w pakietach statystycznych, ale z łatwością zaprogramować korzystając z arkuszy kalkulacyjnych. (W książce najczęściej wykorzystaliśmy grafikę oferowaną przez pakiet SYSTAT 5.2 oraz edytory graficzne MacDraw Professional i MacPaint II.) Dane do zadań na końcach rozdziałów są dostępne w witrynie książki:

<http://www.ipipan.waw.pl/Shewhart-6Sigma>

Wyrażamy podziękowanie za finansowe wsparcie wydania tej książki Instytutowi Podstaw Informatyki PAN oraz Instytutowi Logistyki, Systemów Dowodzenia i Wsparcia WAT. Praca pierwszego autora została wsparta przez Army Research Office (Durham) grantem DOD/ARMY W911NF-04-1-0354. Do powstania tej książki przyczyniło się wiele osób. Oto lista tych, którym chcemy specjalnie podziękować: Andrzej Blikle, Barry Bodt, Diane Brown, Roxy Cramer, Kathy Ensor, Leticia Gonzales, Sarah Gonzales, Fernando Gonzalez, Richard Heydorn, Olgierd Hryniewicz, Stu Hunter, Sallie Keller-McNulty, Marek Kimmel, Franciszek Kuczmarski, Robert Launer, Martin Lawera, Jim Murray, Henryk Popiel, Rick Russell, Ewa Thompson oraz Ed Williams.

James R. Thompson, Jacek Koronacki i Jacek Nieckuła
Houston i Warszawa, wrzesień 2005