

# Agnieszka Kujawińska, Ewa Więcek-Janka

---

## Statystyczna ocena procesów w mikro i małych przedsiębiorstwach

---

Ekonomiczne Problemy Usług nr 51, 431-439

---

2010

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej [bazhum.muzhp.pl](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach  
dozwolonego użytku.

*AGNIESZKA KUJAWIŃSKA**EWA WIĘCEK-JANKA*

Politechnika Poznańska

## STATYSTYCZNA OCENA PROCESÓW W MIKRO I MAŁYCH PRZEDSIĘBIORSTWACH

### Wprowadzenie

Wszystkie współczesne przedsiębiorstwa i organizacje codziennie stają w obliczu nowych wyzwań i problemów powodowanych przez rosnące wymagania klientów, silniejszą konkurencję i szybki postęp techniczny. Jako klienci mamy coraz większe wymagania, ale jako producenci musimy te wymagania spełnić. W celu osiągnięcia optymalnej jakości produkcji i usług, przy jednoczesnej minimalizacji kosztów, większość organizacji wdraża systemy zarządzania i zapewnienia jakości, takie jak TQM, Six Sigma czy normy ISO 9000 i ISO/TS 16949. Do efektywnego stosowania zasad narzucanych przez te systemy potrzebna jest odpowiednia infrastruktura służąca do gromadzenia danych, przekształcania ich w użyteczną wiedzę i upowszechniania tej wiedzy. Z doświadczenia wielu przedsiębiorstw wynika że gromadzenie danych, ich analiza oraz podejmowanie decyzji w oparciu o poprawne wnioskowanie daje ogromne oszczędności i umożliwia wytwarzanie coraz lepszych produktów przy założonych zyskach. W wielu dziedzinach przemysłu zbieranie i przechowywanie danych oraz ich analiza są wymogiem prawnym, tak jest np. W przemyśle farmaceutycznym. Właśnie korzystanie z danych i wydobytej z nich wiedzy przy podejmowaniu decyzji jest jednym z ważniejszych elementów sterowania i doskonalenia procesów w firmie. Konieczność zbierania, analizy i wnioskowania dotyczy również mikro i małych przedsiębiorstw wytwórczych. Okazuje się jednak, że organizacje te napotykają pewne trudności związane głównie z analizą danych służących do oceny stanu procesów wytwarzania.

## Ocena stanu procesu wytwarzania

Ocena stanu procesów wytwarzania w każdym nowoczesnym i wrażliwym na problemy jakości przedsiębiorstwie opracowywana jest z wykorzystaniem narzędzi wspomagających zarządzanie jakością. Narzędzia te odznaczają się prostotą i służą do zbierania i przetwarzania danych związanych z różnymi aspektami zarządzania jakością w przedsiębiorstwie. Są niezastąpione w wykrywaniu relacji zachodzących między elementami systemu zarządzania, szczególnie w ilościowym opisywaniu tych relacji i szacowaniu prawdopodobieństwa ich wystąpienia. Dane zbierane za pomocą odpowiednich instrumentów wykorzystuje się do podejmowania decyzji zarówno na szczeblu strategicznym jak i operacyjnym na każdym stanowisku pracy. Narzędzia wspomagające zarządzanie jakością są niezbędne do prawidłowego wykorzystania metod zarządzania jakością<sup>1</sup>.

Jedną z wielu metod wspomagających kontrolę i doskonalenie procesów kształtujących jakość jest Statystyczne Sterowanie Procesami (ozn. SPC). SPC najczęściej kojarzy się bezpośrednio z kartami kontrolnymi. Może takie ograniczone spojrzenie na SPC jest nie do końca słuszne, jednak nie podlega dyskusji, że początki SPC wzięły się wraz z powstaniem kart kontrolnych Shewharta w latach 20. zeszłego stulecia. Wraz z powstaniem i rozwojem koncepcji zarządzania jakością Six-Sigma<sup>2</sup> w latach 80., SPC zyskało na znaczeniu, często będąc określane jako jedno z narzędzi Six-Sigma. Obecnie norma ISO 9001 zaleca stosowanie technik statystycznych (przede wszystkim SPC, a zwłaszcza karty kontrolne) do monitorowania i oceny funkcjonowania procesów.

Każdy proces produkcyjny ma w swojej naturze zmienność, wynikającą z warunków otoczenia oraz sytuacji wewnętrznej firmy, na które często przedsiębiorstwo ma ograniczony wpływ<sup>3</sup>. Ze zmiennością procesu przedsiębiorstw godzą się *ad hoc*, ponieważ trudno im jest sprostać produkowaniu wyrobów idealnych (zgodnych z ostrymi wymogami specyfikacji). Każdy proces produkcyjny i jego wynik jest losowy<sup>4</sup>. Zmienność procesu trzeba jednak rozumieć jako zjawisko negatywne i dążyć do utrzymania jej na minimalnym poziomie. Zmien-

---

<sup>1</sup> A. Hamrol, *Zarządzanie jakością z przykładami*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008.

<sup>2</sup> G.M. Smith, *Statistical Process Control and Quality Improvement*, Pearson Prentice Hall 2004.

<sup>3</sup> Przyczyny naturalne nierozzerwalnie związane z procesem oraz przyczyny specjalne, które można (i trzeba) usunąć, aby proces był bardziej stabilny, są one szczególnie niepożądane i muszą być wyeliminowane z procesu w pierwszej kolejności.

<sup>4</sup> A.D. Aczel, *Statystyka w zarządzaniu*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2005.

ność procesu opisana jest najczęściej rozkładem statystyki i jest to, w idealnym założeniu, rozkład normalny. Za pomocą odpowiednio dobranego rozkładu można dokonać przybliżenia modelowego rzeczywistego procesu. Zadaniem statystycznej kontroli procesu jest przede wszystkim<sup>5</sup>:

- a) monitorowanie statystycznej zmienności procesu produkcyjnego;
- b) wczesne wychwytywanie niepożądanych zaburzeń w tym procesie;
- c) rozpoznawanie zdolności jakościowej procesu i utrzymywanie właściwości statystycznych procesu w granicach wyznaczanych przez jego zdolność jakościową, w konsekwencji zapobieganie występowaniu zaburzeń procesu i ciągle doskonalenie procesu.

Przegląd literatury z zakresu kontroli procesów wytwarzania za pomocą tradycyjnych narzędzi pozwala na wyciągnięcie kilku wniosków. Przede wszystkim należy podkreślić, że tradycyjne narzędzia wspomagające zarządzanie jakością powstały w czasach, gdy dominował model produkcji masowej – wielu tysięcy takich samych produktów. Od tego czasu produkcja bardzo się zmieniła<sup>6</sup>. Zmiana koncepcji zarządzania jakością nałożyła wiele ograniczeń na tradycyjne narzędzia i metody statystycznego sterowania procesami, a w szczególności na klasyczne karty kontrolne Shewharta. Najważniejsze z nich, a prezentowane w literaturze, to<sup>7</sup>:

1. Istnieje konieczność założenia o normalności rozkładu badanej statystyki, co według niektórych badań, w przypadku rzeczywistych procesów produkcyjnych tylko czasami okazuje się prawdziwe<sup>8</sup>. Natomiast nieprawidłowy dobór karty do modelu rozkładu opisującego proces może prowadzić do poważnych konsekwencji, jak fałszywe alarmy o wyjściu procesu poza granice kontrolne, niewykrycie przyczyn specjalnych, nieoptymalne ustawienie procesu, źle obliczone wskaźniki zdolności jakościowej czy pogarszanie przebiegu procesu zamiast ciągłego ulepszania.
2. Istnieje konieczność pobierania dużej liczby wieloelementowych próbek (m.in. na potrzeby próby pilotażowej), co ogranicza zastosowanie tych w pro-

---

<sup>5</sup> A. Hamrol, *op.cit.*

<sup>6</sup> Między innymi poprzez rozpowszechnienie koncepcji zarządzania jakością Six-Sigma, metody wspierającej zarządzanie jakością *just in time*.

<sup>7</sup> International Quality Institute & Quality Today SPC for short production runs, Reference Handbook.

<sup>8</sup> Stwierdzenie to obala tezę postawioną w latach 30. XX. przez Shewharta, jakoby model procesu o rozkładzie normalnym wiernie odzwierciedlał zachowanie procesów w rzeczywistości. Badania wskazują, że rozkład normalny w produkcji krótkoseryjnej jest rzadkością.

- dukcji małoseryjnej charakterystycznej między innymi dla mikro i małych przedsiębiorstw.
3. Założenie o niedużej zmienności procesu w czasie nie uwzględnia możliwości wystąpienia dużego rozrzutu wartości średnich pomiędzy próbami w stosunku do rozrzutu wartości wewnątrz samych prób, co jest charakterystyczne dla wielu procesów produkcyjnych, w których występują np. różne partie produkcyjne. Klasyczna karta kontrolna  $\bar{x}$  prowadzona dla takiego procesu alarmowała by wciąż o utracie stabilności przez proces.
  4. Brak możliwości nanoszenia danych dla różnych produktów na tej samej karcie kontrolnej, co implikuje konieczność użycia oddzielnej karty dla każdego produktu. W przypadku produkcji setek bądź tysięcy produktów stwarza to ogromne problemy natury technicznej i ekonomicznej.
  5. Standardowe karty pojedynczych obserwacji  $X_i$  oraz ruchomej średniej  $X_R$  są niedostosowane do wszystkich sytuacji występujących w produkcji małoseryjnej, m.in. wyżej wspomniane założenie o niedużej zmienności procesu w czasie, poza tym w tradycyjnym podejściu karty te wymagają obliczenia linii kontrolnych w klasyczny sposób, co nie zawsze sprawdza się w produkcji krótkoseryjnej, gdzie nie ma czasu na zebranie odpowiednio dużej liczby danych w próbie pilotażowej.
  6. Wszystkie tradycyjne karty kontrolne Shewharta wymagają próby pilotażowej w celu wyznaczenia linii centralnej i kontrolnych. Stąd brak możliwości nanoszenia pomiarów na kartę już od pierwszego pomiaru.

Wszystkie te ograniczenia sprawiają, że tradycyjne narzędzia SPC wykazują znikomą przydatność do zastosowań w produkcji krótko- i małoseryjnej charakterystycznej dla firm mikro i małych. Kiedyś zwykło się mówić, że w typowych sytuacjach prawie zawsze można zastosować klasyczną kartę  $\bar{x}$ - $R$ , jednak takich typowych sytuacji jest coraz mniej, stąd potrzeba wykorzystania bardziej zaawansowanych narzędzi w większości przedsiębiorstw produkcyjnych, najczęściej odpowiednio zmodyfikowanych klasycznych kart kontrolnych.

### **Krótkie serie produkcyjne**

Od lat 20. ubiegłego wieku procesy produkcyjne przeszły wiele istotnych zmian. Na przykład rosnące zastosowanie koncepcji zarządzania *just in time* wymaga, aby produkcja odbywała się w małych partiach w krótkich przebiegach produkcyjnych. Produkcją tego typu charakteryzują się w dużej mierze mikro i małe

przedsiębiorstwa. Wymaga to częstszych ustawień maszyn w celu przystosowania do produkowania wielu różnych typów wyrobów różniących się np. numerem modelu, kolorem, a często także specyfikacją techniczną w obrębie jednego procesu produkcyjnego. Ze względu na ograniczone rozmiary partii produkcyjnych systemy produkcji krótkoseryjnej borykają się z trudnościami w zastosowaniu metod SPC.

Krótkie przebiegi produkcyjne przyczyniają się do powstania problemów z użyciem tradycyjnych kart kontrolnych, ponieważ brakuje danych do wyznaczenia linii kontrolnych w odpowiednio krótkim czasie. Zwykle przebieg produkcyjny kończy się zanim linie kontrolne mogą być oszacowane, a karta kontrolna sporządzona. Oznacza to, że operator dopiero po zakończeniu procesu dowiadyuje się, czy proces był stabilny, co oczywiście jest zaprzeczeniem celowego użycia SPC.

Nawet w przypadku, gdy zebrano wystarczającą ilość danych dla przebiegu pierwszego typu produktu, jest to nieprzydatne, gdy następny w kolejce jest produkt innego typu, ponieważ trzeba stworzyć nową kartę. Ponieważ większość systemów gniazdowych ma setki, a nawet tysiące typów produktów, zbierają się ogromne ilości kart kontrolnych. Zmusza to operatora do tracenia czasu na szukanie odpowiedniej karty za każdym razem, gdy zmienia się typ produktu, co pociąga za sobą zmniejszenie efektywności. Obsługa tak dużej ilości kart kontrolnych dla każdego typu produktu nie jest, niestety, zbyt efektywna w ocenie ciągłych wyników w czasie.

Nowe karty SPC dla produkcji krótkoseryjnej, stworzone przez Międzynarodowy Instytut Jakości<sup>9</sup>, są odpowiedzią na większość scharakteryzowanych problemów. Karty te zdążyły się już sprawdzić w wielu firmach na świecie, w tym m.in. W produkcji dla tak wymagających jakościowo odbiorców, jak Armia Stanów Zjednoczonych<sup>10</sup>. Te innowacyjne metody pozwalają operatorowi sporządzać wykres różnych typów produktów na jednym wykresie poprzez użycie specjalnych transformacji danych, które skalują dane z różnych typów produktów do jednego, wspólnego rozkładu. Standaryzacja danych pozwala operatorowi narysować jeden wspólny zestaw linii kontrolnych dla wszystkich typów produktów, co eliminuje konieczność prowadzenia wielu odrębnych kart. Dzięki temu, że wszystkie dane są nanoszone chronologicznie na jednym wykresie, można szybciej zlokalizować zmiany w procesie.

<sup>9</sup> International Quality Institute & Quality Today SPC...

<sup>10</sup> *Ibidem*.

## Wybrane narzędzia dla monitorowania stabilności krótkich serii

Z krótką serią mamy do czynienia zawsze wówczas, gdy jest niewystarczająca podgrupa danych dla danego typu produktu, aby wyznaczyć tradycyjne linie kontrolne w bieżącym przebiegu czasowym. Z taką sytuacją mamy do czynienia w dwóch przypadkach:

1. Bardzo mała wielkość partii (1–15 produktów) nie pozwala pobrać wystarczającej liczby próbek ( $k \geq 15$ ) podczas próby pilotażowej, a zatem nie można wyznaczyć linii kontrolnych. Jest to typowe dla produkcji w systemie gniazdowym, produkcji opartej na JIT i elastycznym systemie produkcyjnym (FMS).
2. Duża partia produkcyjna (ponad 100 produktów), jednak ze względu na szybki przebieg procesu interwały pobierania próbek są zbyt duże, aby zebrać odpowiednią próbę pilotażową.

Zanim wprowadzono innowacyjne metody monitorowania krótkich serii, stosowano kilka mało efektywnych metod:

1. Inspekcja 100% jest przeciwieństwem kontroli statystycznej, jest kosztowna i czasochłonna, poza tym nie zawsze możliwa (np. gdy kontrola wymaga zniszczenia próbki)<sup>11</sup>. Według niektórych specjalistów kontrola 100% jest skuteczna tylko w ok. 85%, tzn., że jeśli w partii znajduje się wadliwy egzemplarz, występuje ok. 15% prawdopodobieństwo, że nie zostanie odrzucony przez inspekcję 100%.
2. Kontrola pierwszej i ostatniej części – metoda ryzykowna, ponieważ wiele zaburzeń procesu ma miejsce dopiero po upływie pewnego czasu (np. zmęczenie pracownika, zużycie narzędzia, rozregulowanie maszyny). W przypadku, gdy ostatnia część jest niezgodna brakuje danych, od kiedy w procesie pojawiły się niezgodności.
3. Prowadzenie oddzielnych kart dla każdego typu produktu – to niezwykle czasochłonna i mało efektywna metoda. Poza tym zebranie odpowiedniej liczby próbek dla określenia linii kontrolnych wymaga wielokrotnego przebiegu procesu dla danego typu produktu, co może rozłożyć się na bardzo długi czas.

W roku 1995 Hough i Pond przedyskutowali 4 możliwe sposoby budowania kart kontrolnych dla krótkich przebiegów<sup>12</sup>:

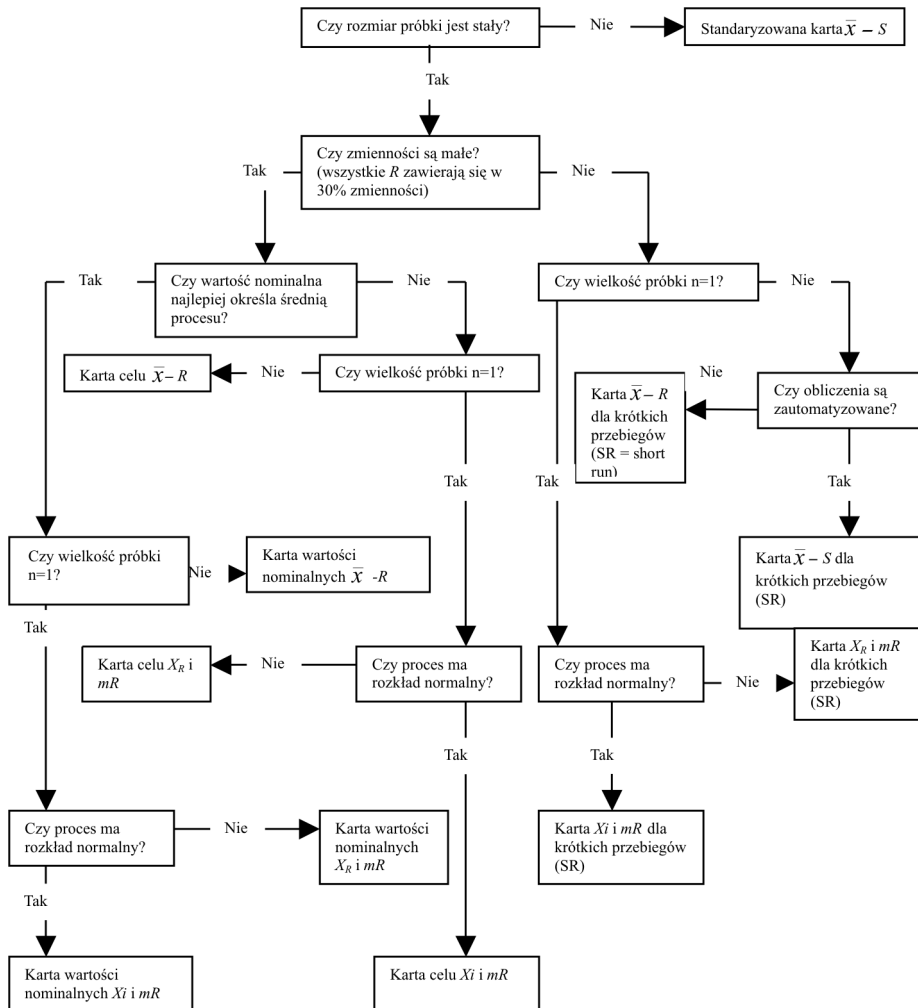
1. Zignorować systematyczną zmienność i rysować punkty na jednej karcie.

<sup>11</sup> E. Dietrich, A. Schulze, *Metody statystyczne w kwalifikacji środków pomiarowych maszyn i procesów produkcyjnych*, Wydawnictwo Notika System, Warszawa 2000.

<sup>12</sup> T. Greber, *Niestandardowe karty kontrolne – czyli jak sobie radzić w nietypowych sytuacjach*, <http://www.statsoft.pl/czytelnia/jakosc/p3.pdf>.

2. Rozwarstwić dane z różnych typów produktów i rysować punkty na jednej karcie.
3. Stworzyć model danych za pomocą analizy regresji liniowej.
4. Standaryzować dane i nanosić na kartę standaryzowanych punktów.

Czwarta z tych metod spotkała się z największym uznaniem ekspertów, m.in. Nelsona (1989), Wheelera (1991) i Griffitha (1996).



Rys. 1. Wykres decyzyjny wyboru karty kontrolnej wartości liczbowych dla krótkich serii

Źródło: opracowanie własne na podstawie International Quality Institute & Quality Today SPC...



Karty kontrolne tworzone według tej idei kwalifikuje się czasami jak karty typu Z, a ich najpowszechniej spotykane odmiany to<sup>13</sup>:

1. Karty różnic, gdzie od każdej obserwacji odejmuje się stałą, np. dane ze specyfikacji (wartość nominalna), wartość celu, średnią znaną z poprzednich obserwacji itp. W roku 1989 karty te zostały dokładniej omówione i uznane za skuteczne przez Burra.
2. Karty standaryzowane, w których po odjęciu stałej od każdej obserwacji uzyskany wynik dzieli się przez drugą stałą (często odchylenie standardowe).
3. Specjalne karty  $\bar{x} - R$  dla krótkich przebiegów (ang. *short run*).

Na rysunku 1 zaprezentowano wykres decyzyjny wyboru karty dla cech liczbowych wraz z ich ograniczeniami.

## Podsumowanie

Podsumowując, ocena stanu procesów wytwarzania w każdym nowoczesnym przedsiębiorstwie opracowywana jest z wykorzystaniem narzędzi wspomagających zarządzanie. Do tych narzędzi zalicza się między innymi narzędzia z obszaru SPC. Do niedawna techniki SPC dedykowane były dla produkcji masowej, wielkoseryjnej. Narzędzia takie, jak karty kontrolne Shewharta, wskaźniki zdolności i inne, nie znajdowały zastosowania w produkcji krótkoseryjnej, tak charakterystycznej dla firm mikro i małych. Przyczyną takiego stanu rzeczy był fakt, że w produkcji małoseryjnej nie ma możliwości wykonania określonej wymaganej minimalnej liczby pomiarów (w granicach od 20 do 30 pomiarów, co w przypadku krótkich serii często jest nierealne). Założenie to jest często warunkiem koniecznym do wykorzystania określonego narzędzia. Z drugiej strony mikro i małe firmy produkcyjne zmuszone są do prowadzenia oceny swoich procesów. Rozwiązaniem problemu może być wykorzystanie kart specjalnych, tzw. kart kontrolnych dla krótkich serii. „Nowe” karty SPC dla produkcji krótkoseryjnej, stworzone przez Międzynarodowy Instytut Jakości, pozwalają na sporządzenie wykresu różnych typów produktów na jednym grafie poprzez użycie specjalnych transformacji danych, które skalują dane z różnych typów produktów do jednego, wspólnego rozkładu.

---

<sup>13</sup> International Quality Institute & Quality Today SPC...

---

**STATISTICAL EVALUATION PROCESSES IN THE MICRO  
AND SMALL ENTERPRISES**

**Summary**

Recent years brought significant changes in approach to production and quality management. The most important change that influenced statistical process control was divergence from mass production to modern methods of job shops, short production runs, JIT etc. Many traditional SPC tools, which have been used for years (especially traditional Shewhart control charts), appeared to be only of a little or no use at all.

In the paper the SPC tools (especially control charts), which can be used in all abovementioned atypical production situations, were presented.

*Translated by Agnieszka Kujawińska*