

Wiesława MALSKA¹

KARTY KONTROLNE SHEWHARTA PRZY OCENIE LICZBOWEJ W PROGRAMIE STATISTICA

Programy statystyczne umożliwiają statystyczną analizę danych, a także stwarzają możliwości zastosowania zaawansowanych procedur, w tym możliwość zastosowania kart kontrolnych Shewharta w SPC (Statistical Process Control). Karty kontrolne są stosowane od lat trzydziestych XX wieku jako narzędzia statystycznego sterowania procesami. W artykule zaprezentowano zastosowanie karty kontrolnej Shewharta przy ocenie liczbowej. Zaprezentowano kartę kontrolną typu X – średnie (średnia arytmetyczna) i R (rozstęp). Jest to karta umożliwiająca kontrolę cechy mierzalnej produktu lub wyrobu. Na kartę nanoszone są wartości średnie wyników pomiaru elementów próbek, pobieranych w regularnych odstępach czasu z procesu poddawanego kontroli (kiedy jest to możliwe z technicznego i ekonomicznego punktu widzenia). Analiza kart kontrolnych sprowadza się do tego, aby na podstawie otrzymanych wyników stwierdzić czy proces, który jest monitorowany przebiega prawidłowo, czy jest już rozregulowany. Karty kontrolne przy ocenie liczbowej można stosować wówczas, gdy dane pomiarowe mają rozkład normalny. W najbardziej standardowym ujęciu mamy do czynienia z dwiema kartami i dwoma histogramami. Jedną z kart nazywana jest kartą X - średnie, a druga nazywana jest kartą R. Na obu wykresach oś pozioma (odciętych) przedstawia kolejne próbki. W przypadku karty X-średnie, oś pionowa (rzędnych) przedstawia wartość średnią badanej zmiennej (badanej cechy), natomiast w przypadku karty R na tej osi wykreśla się rozstęp badanej zmiennej. Karta X - średnie i R jest najczęściej stosowaną kartą kontrolną przy ocenie liczbowej. Celem statystycznego sterowania procesem jest doprowadzenie go do stabilnego i akceptowalnego poziomu, utrzymania go na tym poziomie, oraz zapewnienie spełniania wyspecyfikowanych wymagań przez produkty (wyroby) lub usługi. Głównym narzędziem statystycznym używanym w tym celu jest karta kontrolna.

Słowa kluczowe: karty kontrolne, średnia arytmetyczna, rozstęp, histogram, statystyczne sterowanie procesem.

¹ Wiesława Malska, Politechnika Rzeszowska, Katedra Energoelektroniki i Elektroenergetyki, ul. W. Pola 2, 35-959 Rzeszów, 17 865 1974, wmalaska@prz.edu.pl

1. Wstęp

Program STATISTICA jest pakietem przeznaczonym nie tylko do zastosowań dydaktycznych, ale także do zastosowań w statystycznym sterowaniu procesami (SPC - Statistical Process Control) z wykorzystaniem kart kontrolnych tzw. kart kontrolnych Shewharta [1, 2]. Każde przedsiębiorstwo produkcyjne, dąży do tego, aby produkty i wyroby, które wytwarza były jak najlepszej jakości. W dzisiejszych czasach, to właśnie dobra jakość pozwala utrzymać się na rynku, gdzie konkurencja jest bardzo duża. Jakość oznacza zarówno wydajność, niezawodność, trwałość, kompatybilność, czyli ogół właściwości produktu lub wyrobu wiążących się z jego zdolnością o zaspokojenia potrzeb i wymagań stwierdzonych lub oczekiwanych. W rzeczywistych warunkach żaden proces nie przebiega w warunkach idealnych, nie zakłócany przez żadne czynniki. Nigdy nie udaje się uzyskać dwóch identycznych wyników pomiarów, czy też wyprodukować dwóch wyrobów o identycznych parametrach. Wiąże się to z tym, że na każdy proces (pomiar) mogą oddziaływać dwa rodzaje zakłóceń – zakłócenia losowe i zakłócenia specjalne [1].

Zakłócenia losowe (przyczyny losowe) to zgodnie z normą PN-ISO 3534-2: „Czynniki, występujące zwykle w dużej liczbie, przy czym każda z nich ma względnie małe znaczenie, prowadzące do zmienności, które muszą być koniecznie zidentyfikowane”. W praktyce przedsiębiorstw produkcyjnych zakłócenia takie to np. drgania wrzeciona tokarki, zdolności percepcyjne człowieka przy odczytywaniu wyników pomiaru ze skali, itp. [1].

Zakłócenie specjalne to zgodnie z normą PN-ISO 3534-2: „Czynnik (zwykle systematyczny), który może być wykryty i zidentyfikowany jako powodujący zmiany właściwości jakościowej lub zmiany poziomu procesu”. Zakłóceniem tego typu może być np. uszkodzenie noża przy toczeniu, zbyt niska temperatura procesu, itp. [1].

Stosunkowo łatwo można wyeliminować zakłócenia specjalne, ale pod jednym warunkiem, że potrafimy je zidentyfikować i wiedzieć, kiedy i w jaki sposób wpływają na proces. Doskonałym narzędziem, które to umożliwia jest tzw. karta kontrolna (karta kontrolna Shewharta) [1].

Żaden proces ze względu na pojawiające się zakłócenia losowe i specjalne nie przebiega w sposób stabilny. Można jednak określić pewne granice, w których powinien się on mieścić. Dzięki określeniu „naturalnego” zachowania się procesu produkcyjnego można rozpocząć pracę nad likwidowaniem wpływających na niego zakłóceń specjalnych, powodujących rozregulowania. Do tego celu służy tzw. karta kontrolna. Polska nazwa tego narzędzia może być myląca, ponieważ karta ta nie służy do kontroli ale do sterowania, nadzorowania, panowania nad procesem (z j. ang. control chart). Historycznie rzecz ujmując pierwsze karty kontrolne zostały stworzone w 1924 roku przez W.A. Shewharta, w zakładach produkujących części elektroniczne Western Electric (USA) [1].

2. Karty kontrolne Shewharta

Karta kontrolna w najprostszej wersji to arkusz z tabelą na wpisywanie wyników i miejscem na narysowanie odpowiedniego wykresu (wyróżniamy tu tzw. „metkę” karty kontrolnej, dane z pomiarów i wyniki obliczeń, a także wykres (lub wykresy)) [1, 2]. W metce powinny być zawarte następujące informacje:

- numer karty kontrolnej,
- nazwa sterowanego procesu,
- nazwa (rodzaj) karty kontrolnej,
- okres czasu, jakiego karta dotyczy,
- wyniki podsumowujące kartę (najczęściej wartość średnią mierzonej cechy).

W tabeli z wynikami wpisywane są wyniki pomiarów dokonywanych podczas nadzorowania procesu. Należy tu uwzględnić liczebność próbki, wartości i opis pomiarów (kto i kiedy je wykonał). Wykres przebiegu procesu powinien odzwierciedlać zachowanie monitorowanego procesu produkcyjnego.

Na jego podstawie możemy ocenić, czy proces przebiega prawidłowo, czy może zakłócony zakłóceniami specjalnymi wymaga naszej interwencji.

Na wykresie powinny znajdować się 4 linie: górna granica kontrolna, linia centralna, wykres mierzonej wartości, dolna granica kontrolna. Linia centralna przedstawia wartość średnią ze wszystkich umieszczonych na karcie kontrolnej wyników.

Górna i dolna granica kontrolna jest obliczana ze specjalnie opracowanych wzorów. Pokazują one granice w jakich powinny się mieścić wartości obserwowanych charakterystyk (np. wartości średnich, rozstępu, czy też odchylenia standardowego) dla ustabilizowanego i poprawnie przebiegającego procesu produkcyjnego. Granice kontrolne powinny wyznaczać przedział $\pm 3\sigma$ (99,73%) wszystkich pomiarów [1, 2]. Wzory te uwzględniają liczebność próbek, stosowany rodzaj miary rozproszenia (zmienności, dyspersji, zróżnicowania) – czy stosujemy klasyczną miarę zmienności (odchylenie standardowe) czy pozycyjną miarę zmienności (rozstęp).

Natomiast wykres mierzonej cechy odwzorowuje mierzone wartości. Linia centralna wyznacza wartość średnią ze wszystkich zebranych pomiarów. Pokazuje zatem wartość, którą średnio przyjmuje mierzona właściwość produkowanych wyrobów. Sposób obliczenia linii centralnej zależy od tego jaki rodzaj karty kontrolnej jest zastosowany. W praktyce przedsiębiorstw można spotkać się z różnymi procesami. Każdy z tych procesów ma swoją specyfikę, którą należy uwzględnić przy wdrażaniu metod statystycznych do doskonalenia jakości. Karty kontrolne dzielą się na 2 zasadnicze grypy: karty kontrolne przy ocenie liczbowej i karty kontrolne przy ocenie alternatywnej [1].

Karty kontrolne przy ocenie liczbowej stosuje się wówczas, gdy mamy do dyspozycji liczbowe wyniki opisujące analizowany przez nas obszar (proces,

wyrób, itp.). Wyniki te pochodzą z bezpośrednich pomiarów pewnych własności, np. długości, średnicy, ciężaru, temperatury, itp.

Standardowe karty kontrolne stosowane przy ocenie liczbowej mają jedno podstawowe założenie – rozkład wyników powinien być rozkładem normalnym lub zbliżonym do normalnego.

Karty kontrolne przy ocenie alternatywnej wykorzystywane są w przypadku, gdy stosuje się ocenę alternatywną wyrobów, tzn. dzieli się je tylko na dwie grupy: dobre i złe (zmienna dychotomiczna). Wartością wykreślaną na karcie jest wtedy frakcja wyrobów niezgodnych, ilość wyrobów niezgodnych lub ilości niezgodności (wad) znalezionych w poddanej kontroli jednostce wyrobu. Przy kartach tego typu nie ma wymagań normalności rozkładu, ponieważ karty te zbudowane są w oparciu o rozkłady dyskretne (najczęściej rozkład Bernoulliego lub rozkład Poissona) [1, 2, 7]. Próbka, czyli 2 lub więcej wyrobów jest podstawą do oceny procesu. Większość kart kontrolnych zakłada, że próbka będzie miała stałą liczebność (liczność), czyli przez cały czas sterowania procesem próbka będzie składała się z takiej samej ilości wyrobów. Wielkość próbki należy dobrać zgodnie z wymaganiami norm branżowych i zwracając uwagę na następujące aspekty:

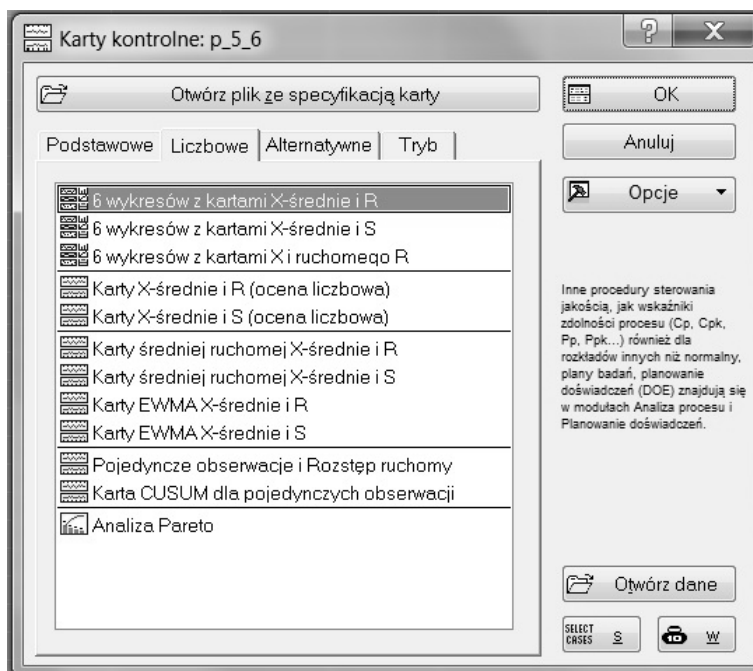
- koszty kontroli wyrobów,
- charakter procesu,
- możliwości techniczno-organizacyjne,
- rodzaj stosowanej karty kontrolnej.

Częstość pobierania próbek – uzależniona jest od tych samych warunków co liczebność próbki. Natomiast granice kontrolne i linię centralną obliczyć można tylko wtedy, gdy mamy dostateczną liczbę zebranych wyników. Analiza kart kontrolnych sprowadza się do stwierdzenia czy analizowany proces przebiega prawidłowo czy jest już w stanie rozregulowania.

3. Karty kontrolne przy ocenie liczbowej

Karty kontrolne przy ocenie liczbowej wykorzystywane są w przypadku, gdy mamy do dyspozycji konkretne liczbowe wyniki pochodzące z pomiarów interesujących nas właściwości produkowanych wyrobów. Jedynym wymogiem jest założenie, że zebrane dane dotyczące właściwości mają rozkład normalny lub zbliżony do normalnego.

Karty kontrolne do oceny liczbowej lub oceny alternatywnej dostępne w pakiecie STATISTICA v. 10.0 przedstawiono na rys. 1 [2].



Rys. 1. Karty kontrolne dostępne w pakiecie STATISTICA

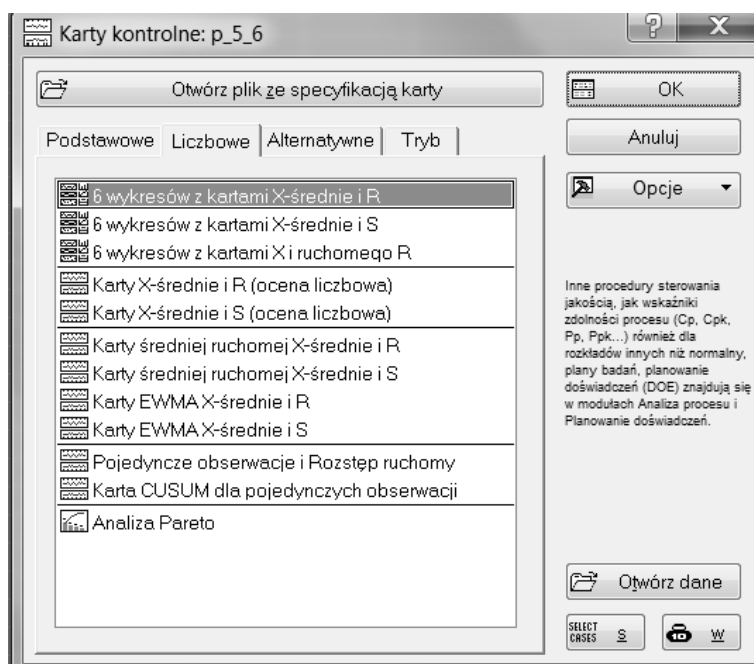
Fig.1. Control cards available in STATISTICA

Najczęściej wykorzystywanymi kartami są: karta X-średnie i R (ocena liczbowa) i karta X-średnie i S (ocena liczbowa) [2]. Karta X-średnie i R (ocena liczbowa) – jak sama nazwa wskazuje analizuje się tu dwie wartości: średnią i rozstęp wyników w poszczególnych próbkach. Na karcie tej prowadzi się (wykreśla się) dwa wykresy. Pierwszy z nich prezentuje wartości średnie w poszczególnych próbkach pobranych do badania. Położenie każdego wykreślonego punktu wynika z obliczonej wartości średniej w próbce. Drugi wykres pokazuje rozproszenie w poszczególnych próbkach, wyrażane obliczaną wartością rozstępu. Kartę X-średnie i R (ocena liczbowa) stosuje się w przypadkach, gdy dysponujemy liczbowymi wartościami z pomiarów wytwarzanych wyrobów (długość, średnica, itp.) oraz gdy możemy pozwolić sobie na badanie kilkuelementowych próbek (kiedy jest to możliwe z technicznego i ekonomicznego punktu widzenia). Celem zaprezentowania wykorzystania karty kontrolnej na rys. 2 przedstawiono wyniki pomiaru (fragment arkusza pomiarowego) średnicy detalu produkowanego przez automat o nominalnej wartości 25 mm. W odstępach 1 godzinnych pobierano 4-elementową próbkę. Istotne jest aby średnica produkowanych detali była jak najbliższa wartości nominalnej. Rys. 3. przedstawia widok karty z możliwością wyboru kart kontrolnych (tu widok z możliwością wyboru kart kontrolnych liczbowych).

	1 I	2 II	3 III	4 IV	5 średnia	6 max	7 min	8 rozstęp
1	24,903	25,006	24,98	25,055	25,00675	25,055	24,903	0,152
2	24,927	25,04	25,013	25,041	25,02481	25,041	24,927	0,114
3	24,974	25,028	24,926	25,026	24,99212	25,028	24,926	0,102
4	25,056	24,978	24,917	25,019	24,97662	25,056	24,917	0,139
5	25,041	25,041	24,947	24,949	24,98288	25,041	24,947	0,094
6	25	24,998	25,046	24,938	24,99438	25,046	24,938	0,108
7	24,989	24,994	24,967	25,023	24,99431	25,023	24,967	0,056
8	25,007	24,936	24,883	25,018	24,9495	25,018	24,883	0,135
9	25,074	24,936	25,029	24,975	24,98588	25,074	24,936	0,138
10	25,012	24,927	25,031	24,985	24,98294	25,031	24,927	0,104

Rys. 2. Fragment arkusza z wynikami pomiarów i obliczeń

Fig. 2. A fragment of a sheet with the results of measurements and calculations



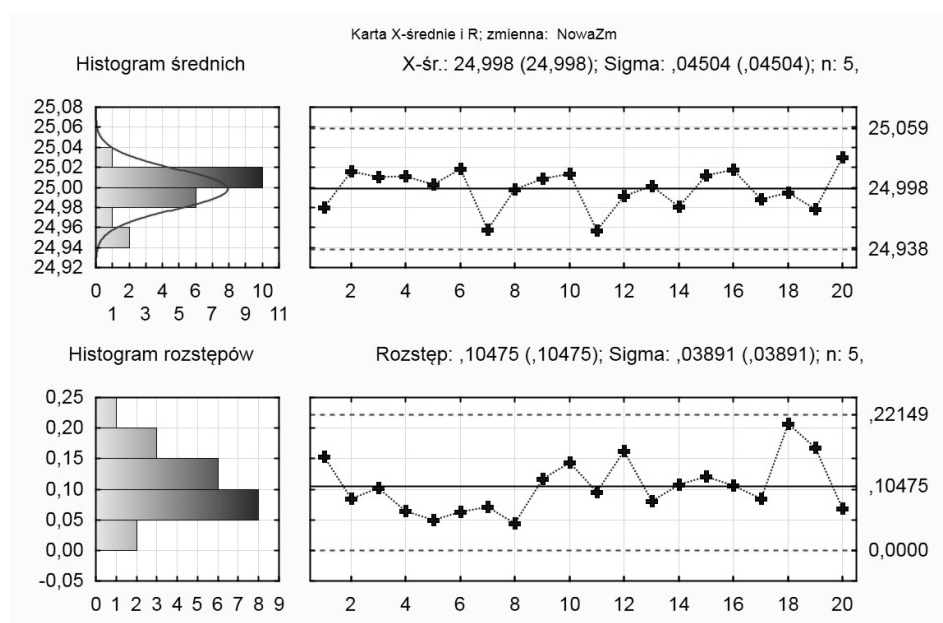
Rys. 3. Widok karty z możliwością wyboru kart kontrolnych (tu widok z możliwością wyboru kart kontrolnych liczbowych)

Fig. 3. View the card with a choice of control charts (in this view, with a choice of numerical control cards)

Pierwszym krokiem po wyborze odpowiedniej karty kontrolnej jest zdefiniowanie zmiennych, w których zapisane są dane z pomiarów. Dane te mogą mieć dwie postaci. Pierwsza postać to tzw. dane surowe. Są to pomiary zapisane w jednej kolumnie (w postaci 1 zmiennej). W takim przypadku do określenia, które dane pochodzą z których próbek tworzy się drugą zmienną z numerami

próbek lub uaktywnia się opcję *Stały rozmiar próbki*. Drugą możliwością jest wybór opcji *Dane zagregowane*.

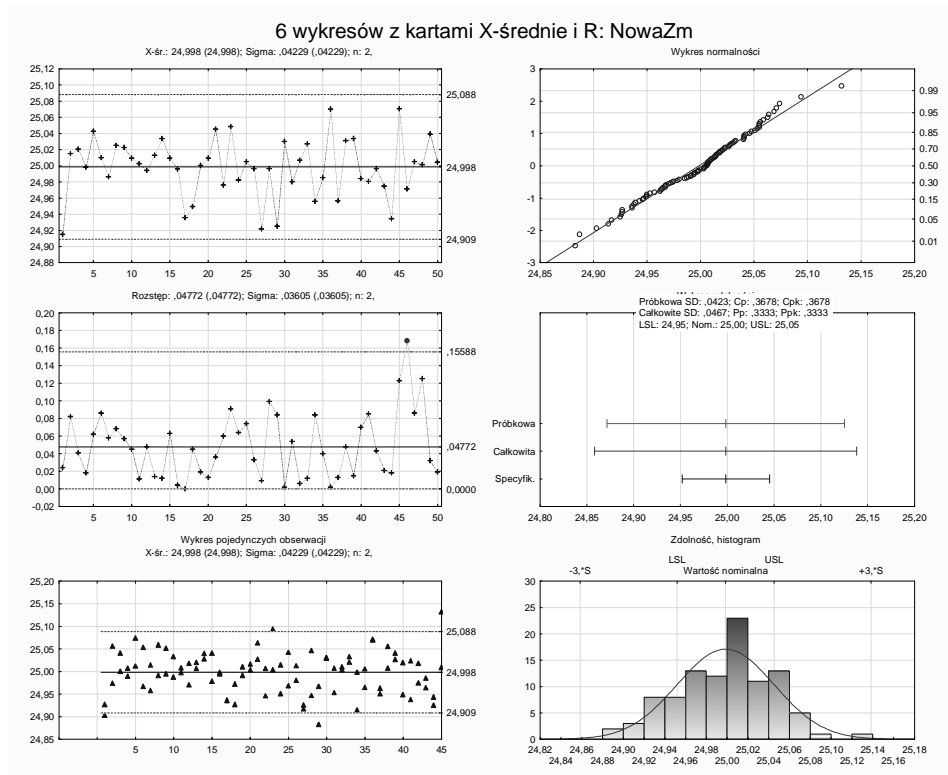
Po określeniu zmiennych następnym krokiem jest przejście do opcji kart *Specyf. X i Specyf. R/S*. Na tych kartach można znaleźć kilka narzędzi i ustawień, usprawniających i „u elastyczniających” prowadzenie analizy zachowania się procesu. Na karcie *Specyf. X* znajdują się opcje dotyczące karty wartości średnich. Granice kontrolne i linia centralna obliczane są z odpowiednich zależności i tablic statystycznych. Pakiet STATISTICA umożliwia ustawienie własnego położenia podstawowych linii. Jest to szczególnie przydatne w przypadku, gdy prowadzi się kartę kontrolną z tzw. wartościami zadanymi. Ustala się wtedy dopuszczalne odchylenie standardowe, zakładaną wartość średnią (linię centralną) oraz położenie granic kontrolnych (ich odległość od linii centralnej – standardowo 3σ). Monitorowanie procesu przy tak zaprojektowanej karcie polega na sprawdzaniu, czy jego parametry odpowiadają parametrom założonym. Możliwość ustalenia położenia granic kontrolnych i linii centralnej na zadanym stałym poziomie jest istotna. Na rys. 4 przedstawiono kartę kontrolną stworzoną w programie STATISTICA.



Rys. 4. Karta X-średnie i R

Fig. 4. Card X- average and R

Na rys 5. przedstawiono tzw. „6 wykresów”. Są to: wykres średniej, rozstępu, normalności, zdolności, pojedynczych obserwacji, histogramu zdolności.

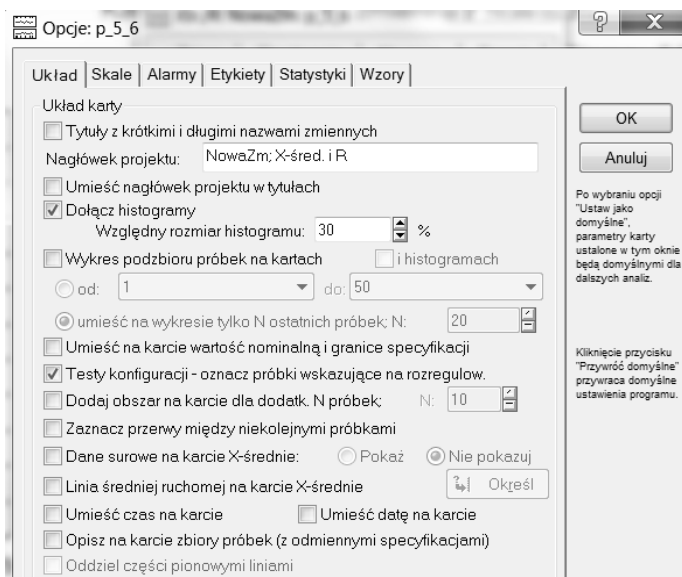


Rys. 5. Sześć wykresów z kartami X-średnie i R

Fig. 5. Six graphs with X cards average and R

Pakiet STATISTICA udostępnia narzędzia do analizowania wykresów otrzymanych na prowadzonych kartach kontrolnych. Jest możliwość ustawienia i przeprowadzenia testów wzorca przebiegów, a w szczególności oznaczenia próbek wskazujących na rozregulowanie (rys. 6).

Odpowiednio skonfigurowanie karty kontrolnej i odpowiednio przeprowadzone testy wzorca przebiegu procesu pozwalają na dokładną analizę zachowania się monitorowanego procesu, co przyczynia się do lepszego nim sterowania i jego doskonalenia.



Rys. 6. Widok karty wyboru testu konfiguracji wraz z możliwością oznaczenia próbek wskazujących na rozregulowanie

Fig. 6. View card configuration and test selection with samples markings indicating dysregulation

4. Podsumowanie

Odpowiednio skonfigurowanie karty kontrolnej i odpowiednio przeprowadzone testy wzorca przebiegu procesu pozwalają na dokładną analizę zachowania się monitorowanego procesu, co przyczynia się do lepszego nim sterowania i jego doskonalenia. Moduł „Karty kontrolne” dostępny w programie STATISTICA może być wykorzystywany w zakładach produkcyjnych w działach jakości. Można wykorzystać karty kontrolne do oceny liczbowej lub do oceny alternatywnej.

Karty kontrolne wykorzystano na potrzeby opracowania niniejszego artykułu, dzięki uprzejmości firmy Statsoft, która udostępniła moduł *Karty Kontrolne* (Statsoft Polska, Sp. z o. o., ul. Kraszewskiego 36, 30-110 Kraków).

Literatura

- [1] Greber T., Statystyczne sterowanie procesami – doskonalenie jakości z pakietem STATISTICA, Statsoft, Kraków, 2000
- [2] www.statsoft.pl
- [3] Luszniwicz A., Słaby T., Statystyka z pakietem komputerowym STATISTICA PL, Wydawnictwo Beck, Warszawa, 2008
- [4] Starzyńska W., Statystyka praktyczna, PWN, Warszawa, 2005

- [5] Stanisławek J., Podstawy statystyki, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2010
- [6] Ostasiewicz W., Myślenie statystyczne, Oficyna a Wolters Kluwer business, Warszawa, 2012
- [7] Rabiej M., Statystyka z programem Statistica, Helion, 2012
- [8] Kot S., Jakubowski J., Sokołowski A., Statystyka, Wydawnictwo Difin, Warszawa, 2011
- [9] Sobczyk M., Statystyka, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2002
- [10] Wieczorkowska G., Wierzbiński J., Statystyka od teorii do praktyki, Wydawnictwo Naukowe SCHOLAR, Warszawa, 2013
- [11] Piłatowska M., Repetytorium ze statystyki, PWN, Warszawa, 2009

THE SHEWHART CONTROL CARDS IN THE ASSESSMENT IN STATISTICA

Summary

Available statistical programs allow statistical analysis of the data, and enables the use of advanced procedures, including the possibility of using Shewhart control charts in the SPC (Statistical Process Control). Control charts are basic and applied since the thirties of the twentieth century statistical process control tools. The article presents the use of Shewhart control chart when evaluating a number. Presents the X-type control card - the average (arithmetic mean) and R (dehiscence). It is a card that allows control of measurable characteristics of the product or article. Are applied to the card mean values of elements of the measurement results of samples taken at regular intervals from undergoing the process control (where possible from a technical and economic point of view). Analysis of control cards comes down to it, on the basis of the results determine whether the process that is monitored is going well, if it is already the correct time. Control cards with the numerical ratings can be used when the measurement data are normally distributed. In most standard approach we have to deal with two cards and two histograms. One of the cards is called a card X - average, and the second is called the card R. In both graphs the horizontal axis (abscissa) represents the next sample. If the card is X-bar, the vertical axis (ordinate) represents the average value of the test variable (test characteristics), while in the case of R on the card is deleted axis of the variable test interval. X card - minicomputers and R is the most common control card with a numerical evaluation. The purpose of statistical process control is to bring it to a stable and acceptable level, maintaining it at that level, and to ensure compliance with specified requirements for products (goods) or services. The main statistical tool used for this purpose is the control card.

Keywords: control charts, the arithmetic mean, range, histogram, statistical process

DOI: 10.7862/re.2015.3

Tekst złożono w redakcji: luty 2015

Przyjęto do druku: marzec 2015