

IDENTYFIKACJA ZABURZEŃ PROCESU PRODUKCYJNEGO W OPARCIU O ANALIZĘ BŁĘDÓW GRUBYCH – STUDIUM PRZYPADKU

Izabela D. CZABAK-GÓRSKA, Aneta KUCIŃSKA-LANDWÓJTOWICZ

Streszczenie: Artykuł zawiera opis procedury postępowania przy analizie stabilności procesów produkcyjnych, w oparciu o kartę pojedynczych obserwacji (*XI*) oraz ruchomego rozstępu (*MR*). W dalszej części opracowania autorzy przedstawiają metodę, która umożliwia eliminację błędów przypadkowych, spowodowanych np. niewłaściwym wykonaniem pomiaru. Podsumowanie rozważań teoretycznych stanowi studium przypadku, w którym wykorzystano dane pomiarowe pochodzące z przedsiębiorstwa produkującego stelaże do foteli samochodowych.

Słowa kluczowe: stabilność procesu, karta pojedynczych obserwacji (*IX*), karta ruchomego rozstępu (*MR*), eliminacja błędów grubych, Statystyczne Sterowanie Procesem (*SPC*).

1. Wstęp

Analiza stabilności procesów produkcyjnych jest kluczowym aspektem ciągłego doskonalenia jakości produktów. Współczesne przedsiębiorstwa, chcąc umocnić swoją pozycję rynkową, poprzez poprawę jakości oferowanych przez siebie wyrobów, nieustannie kontrolują swoje produkty. Dzięki takiemu podejściu możliwe jest zapobieganie m.in. generowaniu kosztów związanych z usuwaniem powstałych (już na etapie wytwarzania) defektów bądź wadliwych produktów, a także zmniejszenie liczby reklamacji.

Zarówno do analizy przebiegu procesu, jak i sterowania nim, wykorzystuje się Statystyczne Sterowanie Procesem (*SPC*, ang. *Statistical Process Control*), którego głównym zadaniem jest wychwycenie wśród dokonywanych pomiarów (na poszczególnych etapach produkcji), wyników istotnie wyróżniających się spośród pozostałych. Warto wyraźnie zaznaczyć, że *SPC* jest „wysłuchaniem się” przedsiębiorstwa w tzw. „głos procesu”, gdyż normę jakościową stanowi naturalna zmienność procesu, a nie konkretna (ustalona wcześniej) wartość nominalna. *SPC* za pomocą kart kontrolnych pozwala na podstawie stanu wybranych cech wyrobu śledzić przebieg procesu i ocenić, czy ewentualne wahania średniej lub innej miary statystycznej kontrolowanych cech są na tyle znaczne, że oznaczają rozregulowanie procesu.

Statystyczne sterowanie procesem obejmuje trzy kluczowe etapy [1]:

- znalezienie sygnału świadczącego o deregulacji procesu produkcyjnego (nietypowego pomiaru),
- identyfikację źródła ujawnionej deregulacji,
- poprawę jakości procesu w oparciu o wnioski z dokonanych analiz.

Pojawiające się w procesie nietypowe sygnały mogą ostatecznie wskazywać na kierunek działań korygujących, które warto wprowadzić w celu poprawy jego jakości. Np. w sytuacji jednostronnego tolerowania (przykładowo wytrzymałości na rozciąganie)

może okazać się, że pomiar odstający od pozostałych wskazuje kierunek zmian, które należy zastosować w procesie [1].

Według Polskiej Normy PN-ISO 3534-2 istnieją dwa rodzaje zakłóceń w procesie:

- losowe (ang. Common Cause) – „czynniki występujące zwykle w dużej liczbie, przy czym każda z nich ma względnie małe znaczenie, prowadzące do zmienności, które muszą być koniecznie zidentyfikowane ”,
- specjalne (ang. Special Cause) – „czynniki (zwykle systematyczne), które mogą być wykryte i zidentyfikowane jako powodujące zmiany właściwości jakościowej lub zmiany poziomu procesu”[2].

Zakłócenia losowe wpisane są w naturę każdego procesu produkcyjnego i praktycznie niemożliwa jest ich pełna eliminacja. Natomiast zakłócenia specjalne należy jak najszybciej zidentyfikować i usunąć. W tym celu najczęściej wykorzystuje się karty kontrolne Shewharta (ang. Control Chart; Shewhart Chart), które wbrew powszechnej opinii nie mają na celu kontrolę, lecz sterowanie procesem produkcyjnym.

Stosowanie kart kontrolnych polega na wskazaniu badanej cechy i pobieraniu próbek w określonych odstępach czasu. Jest to jedna z metod sterowania procesem „online”, która odbywa się w czasie rzeczywistym. Takie podejście umożliwia wykrycie na bieżąco wszystkich niepokojących sygnałów o zmianach zachodzących w procesie (na poszczególnych jego etapach) i ewentualnie może stać się przesłanką sugerującą konieczność podjęcia decyzji o jego zatrzymaniu, w momencie pojawiania się zbyt wielu odstępstw.

Jak każda metoda, tak i statystyczne sterowanie procesem, posiada pewne wady oraz ograniczenia. Jedną z najsłabszych stron takiego podejścia jest wymóg zaawansowanych umiejętności statystycznych osoby prowadzącej karty kontrolne. Dodatkowo, trzeba pamiętać, iż interpretacja uzyskanych w ten sposób wyników powinna się opierać o zdroworozsądkowe podejście do pojawiających się sygnałów – niekoniecznie stanowią one podstawę do przerywania procesu produkcyjnego. Pewnych problemów może dostarczyć również dobór częstości pobierania próbek. W tym zakresie powinno się uwzględnić przede wszystkim charakter procesu (jedne procesy wymagają codziennej kontroli, inne z kolei dyktują pomiary np. co pół godziny). Aby zagwarantować wiarygodność prowadzonych badań należy również wziąć pod uwagę ok. 25-30 elementowe próbki [3,4].

W artykule autorzy proponują sposób postępowania podczas analizy pojawiających się sygnałów świadczących o zaburzeniach procesu produkcyjnego w oparciu o analizę błędów grubych, która może zostać wykorzystywana w praktyce przy wstępnej analizie przyczyn pojawienia się nietypowych zachowań procesu. Dodatkowo autorzy swoje rozważania opierają na studium przypadku, które stanowi rozszerzenie wcześniejszych badań dotyczących analizy stabilności procesów omówionych w [5].

2. Założenia konieczne dla stosowania kart kontrolnych

Stosowanie kart kontrolnych wymaga dobrego przygotowania w sferze wnioskowania statystycznego. Decydując się na korzystanie z tej metodyki sterowania procesem należy pamiętać o kilku fundamentalnych zasadach [4 – 6]:

1. Empiryczny rozkład danych pochodzących z pomiarów powinien zachowywać charakter rozkładu normalnego. Warunek ten jest konieczny z uwagi na metodę wyznaczania granic kontrolnych, które obliczone są w oparciu o założenie normalności (naturalna zmienność procesu).

2. Proces powinien być zdolny jakościowo, tzn. wskaźnik zdolności jakościowej powinien przekroczyć wartość: $c_{pk} > 1,33$. Niespełnienie tego warunku może skutkować pojawieniem się sygnałów o zakłóceniach w procesie produkcyjnym, w pierwszych jego etapach.
3. Wybór właściwego typu karty kontrolnej zależy od natury procesu, a także względów ekonomicznych. W zależności od rodzaju produkowanego wyrobu będzie wymagana różna częstość poboru próbek (ale także i wielkość próbki). Należy również uwzględnić koszty związane z ich pobieraniem.

W dalszej części artykułu (studium przypadku) wykorzystano kartę pojedynczej obserwacji (XI) i ruchomych rozstępów (MR). Na rysunku 1 zestawiono wzory, które umożliwiają wyznaczenie granic kontrolnych. Więcej na temat tej karty można znaleźć m.in. w [1, 3-5].

<i>XI</i>	<i>MR</i>
$UCL = \bar{x} + 2,66 \cdot \overline{MR}$	$UCL = 3,27 \cdot \overline{MR}$
$CL = \bar{x}$	$CL = \bar{x}$
$LCL = \bar{x} - 2,66 \cdot \overline{MR}$	$LCL = brak$

Gdzie:

UCL – górna granica kontrolna (ang. Upper Control Limit),

CL – linia centralna (ang. Central Line),

LCL – dolna granica kontrolna (ang. Lower Control Limit),

\bar{x} – średnia arytmetyczna z pomiarów,

$MR = |x_i - x_{i-1}|$ – ruchomy rozstęp,

\overline{MR} – średnia arytmetyczna z ruchomych rozstępów.

Rys. 1. Granice kontrolne dla karty: a) pojedynczej obserwacji (XI), b) ruchomych rozstępów (R)

3. Identyfikacja źródła ujawnionej zmiany w procesie produkcyjnym w oparciu o eliminację błędów grubych

Analizując karty kontrolne należy wyjaśnić przyczyny występowania wszystkich (nawet tych pojedynczych) sygnałów o zmianach zachodzących w procesie produkcyjnym. Zgodnie z definicją błędy grube (ang. Gross Errors) powstają w wyniku oddziaływania istotnej przyczyny, która działa przejściowo oraz pojawia się w niektórych pomiarach [8].

Wszystkie pomiary obarczone są pewnymi błędami pomiarowymi wśród których można dopatrzeć się tzw. wątpliwych wyników pomiarowych (ang. Outliers). Norma PN-87/N-01052.13 [7] definiuje wynik wątpliwy jako wyróżniający się w znacznym stopniu od pozostałych pomiarów i którego można się spodziewać w danej metodzie pomiarowej. Ze statystycznego punktu widzenia pomiary te są jednowymiarowymi zmiennymi losowymi [8]. Dzięki takiemu podejściu możliwe jest wnioskowanie, przy użyciu nieobciążonych estymatorów, na temat populacji generalnej (składającej się z nieskończonej liczby elementów – w tym przypadku o całym procesie produkcyjnym) w oparciu o próbę (zawężonej do skończonej liczby elementów, składających się z dokonanych pomiarów na poszczególnych etapach procesu produkcyjnego).

Wyniki skrajnie odbiegające od pozostałych, które po statystycznej weryfikacji zostaną odrzucone jako niepasujące do badanej populacji, uznawane są za błędy grube – [7-9]. Możliwą przyczyną pojawienia się tego typu błędu jest niepoprawny odczyt z urządzenia pomiarowego, niewłaściwe wykonanie pomiaru itp. Wykrycie tego odstępstwa jest łatwe do zidentyfikowania w sytuacji spełnienia powtarzalności, tzn. niezależne wyniki pomiarowe uzyskane są poprzez użycie tej samej metody, w zbliżonych warunkach, przez jedną osobę i w krótkim odstępie czasu. Spełnienie warunku powtarzalności gwarantuje, że odstępstwa od pozostałych wyników pomiarowych zależą tylko i wyłącznie od błędów losowych (przypadkowych) [8].

Niewątpliwą wadą takiego podejścia jest brak uzyskania jednoznacznej odpowiedzi na pytanie: „Co przyczyniło się do pojawienia się sygnału o zakłóceniu w procesie?”. Prezentowana metoda pozwala jedynie na stwierdzenie, że wybrane próbki są błędami losowymi spowodowanymi najczęściej przez niewłaściwie wykonane pomiary.

3.1. Reguła trzy sigma

Jedną z metod analizy błędów grubych jest reguła trzy sigma (inne metody można znaleźć m.in. w [7 - 9]). Autorzy zdecydowali się na zastosowanie tej techniki z uwagi na to, że normę jakościową stanowi naturalna zmienność procesu i jednocześnie stosowanie kart kontrolnych gwarantuje założenie o rozkładzie normalnym danych pomiarowych.

W pierwszym etapie analizy wątpliwych wyników należy uszeregować dane pomiarowe w uporządkowany ciąg niemalejący $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n$. Wówczas wątpliwym (x_w) wynikiem może być jedna ze skrajnych obserwacji x_1 lub x_n . Badana cecha ma rozkład normalny ($X \sim N(\bar{x}, s)$) o nieznanymi parametrach średniej (\bar{x}) i odchylenia standardowego (s) [8],

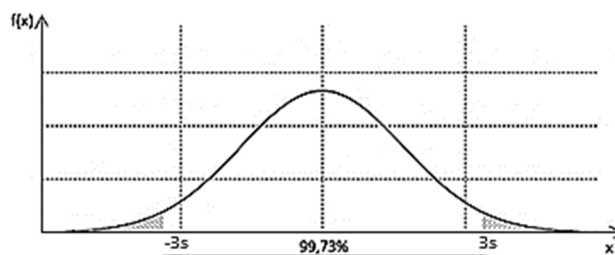
gdzie:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} - \text{nieobciążony estymator wartości oczekiwanej } \mu,$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} - \text{nieobciążony estymator odchylenia standardowego.}$$

Zgodnie z regułą trzech sigm (Rys. 2), można obliczyć prawdopodobieństwo, że pomiar znajdzie się w przedziale $(-3s, 3s)$:

$$P(\bar{x} - 3s < X < \bar{x} + 3s) = 99,73\%. \quad (1)$$



Rys. 2. Graficzna interpretacja reguły trzy sigma

Z rysunku 2 oraz ze wzoru (1) wynika, że mniej niż 3 pomiary z 1000 będzie wykraczało poza przedział $(-3s, 3s)$. Próbkę te stanowią jedynie 0,027% wszystkich obserwacji.

W dalszym etapie należy zatem porównać, czy wartości skrajne znajdują się w interesującym nas przedziale:

$$\frac{|x_1 - \bar{x}|}{s} < 3, \quad (2)$$

$$\frac{|x_n - \bar{x}|}{s} < 3. \quad (3)$$

W przypadku niespełnienia (2) i/lub (3) pomiar wątpliwy uznaje się za błąd grubych.

3.2. Przedział ufności dla średniej

Przedstawiona w pkt. 3.1. metoda postępowania umożliwia jedynie identyfikację błędów grubych w serii pomiarów – pozostaje jeszcze kwestia podjęcia decyzji o ewentualnym ich odrzuceniu. Powinna ona zostać umotywowana poprzez odpowiedni test statystyczny. W tym celu należy posłużyć się przedziałem ufności dla średniej (w przypadku dużej próby – $n \geq 30$) [8, 10, 11]:

$$P\left(\bar{x}_o - u_\alpha \cdot \frac{s_o}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x}_o + u_\alpha \cdot \frac{s_o}{\sqrt{n}}\right) = 1 - \alpha, \quad (4)$$

gdzie:

\bar{x}_o – średnia arytmetyczna wyznaczona po odrzuceniu wyniku wątpliwego,

s_o – odchylenie standardowe (próbki) po odrzuceniu wyniku wątpliwego,

u_α – wartość dystrybuanty rozkładu normalnego $N(0,1)$ dla poziomu istotności α ,

α – poziom istotności (prawdopodobieństwo popełnienia błędu I rodzaju – odrzucenie hipotezy zerowej, gdy jest prawdziwa),

$1 - \alpha$ – poziom ufności (prawdopodobieństwo przyjęcia prawdziwej hipotezy zerowej).

Wynik wątpliwy (x_w) należy odrzucić, jeżeli znajduje się poza wartościami przedziału ufności opisanej (4) [8].

4. Analiza sygnałów sugerujących zaburzenia procesu produkcyjnego – studium przypadku

Badanie stabilności procesu, przy użyciu karty pojedynczych obserwacji (IX) oraz ruchomych rozstępów (MR), wykonano w przedsiębiorstwie produkującym stelaże do foteli samochodowych.

4.1. Opis problemu

W tabeli 1 zestawiono najważniejsze etapy tego procesu wraz z podziałem na operacje, które mają kluczowy wpływ na bezpieczeństwo oraz jakość gotowego wyrobu.

Tabela 1. Etapy procesu produkcji stelażu siedziska samochodowego [5]

Etap	Operacja
I	formowanie rury przedniej (pomiar 1);
	spawanie rury przedniej;
	zgrzewanie oporowe;
	nitowanie elementów na przedniej rurze (pomiar 2);
	„rozkloszowanie” tylnej rury (pomiar 3);
	dopasowanie płyty siedziska;
II	lakierowanie;
	zakładanie sprężyn;
	montaż szyn i dźwigni;
	składanie końcowe;
	weryfikacja bezpieczeństwa - badanie siły przesuwu (pomiar 4).

Analiza obejmowała cztery pomiary, które odpowiadają operacjom z tabeli 1 (w nawiasie znajdują się odpowiednio dolna DLT i górna GLT granica tolerancji) [5]:

- pomiar 1 – długość rury po formowaniu ($DLT = 404,10$; $GLT = 406,70$),
- pomiar 2 – odległość pomiędzy wkrętami elementów na przedniej rurze ($DLT = 414,70$; $GLT = 416,70$),
- pomiar 3 – średnica kołnierza po rozkloszowaniu ($DLT = 30$; $GLT = 34$),
- pomiar 4 – siła przesuwu, na wartość której mają wpływ opisane wcześniej wymiary ($DLT = brak$; $GLT = 160$).

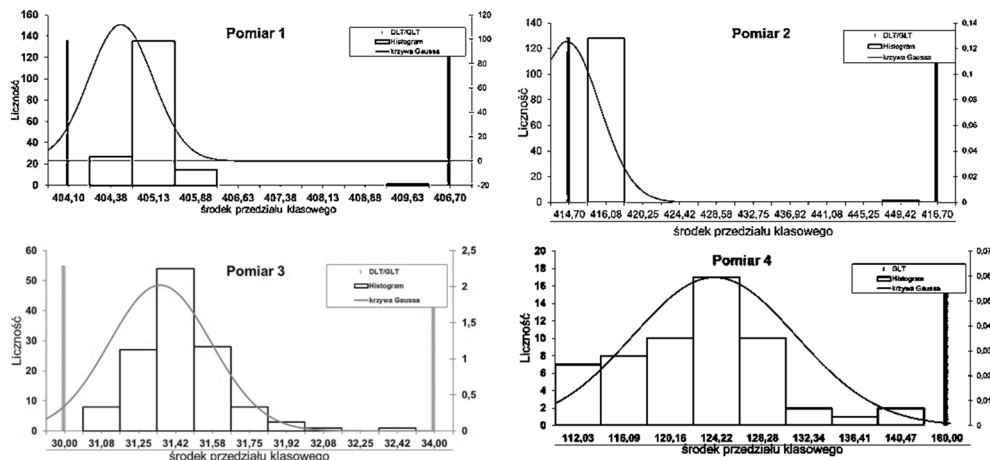
Próbki pobierane były zgodnie z wewnętrznymi procedurami (osobno dla każdego pomiaru) przez okres sześciu dni [5].

W pierwszym etapie przeprowadzonego badania, sprawdzono przy użyciu testu λ Kołmogorowa z poprawką Lillieforsa, czy dane pomiarowe mają charakter rozkładu normalnego (Tab. 2).

Tabela 2. Test λ Kołmogorowa z poprawką Lillieforsa na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ [5]

	Wartość statystyki λ	Wartość krytyczna λ_α	Czy dane wykazują charakter normalny?
pomiar 1	1,388	1,358	Nie
pomiar 2	2,253		Nie
pomiar 3	0,780		Tak
pomiar 4	0,426		Tak

W celu zobrazowania naturalnego charakteru każdej z badanej operacji, wykonano dodatkowo histogramy dla analizowanych pomiarów (Rys.3), które potwierdzają wyniki statystycznych testów z tabeli 2. Dodatkowo, rozkład średnic tylnej rury po rozkloszowaniu wskazuje na błędy pomiarowe (histogram z „dziurą”).



Rys. 3. Histogramy dla pomiarów 1-4 [5]

Zgodnie z założeniem pierwszym (opisanym w rozdziale 2) oraz tabelą 3 niemożliwe jest stosowanie klasycznej karty pojedynczej obserwacji (IX) oraz ruchomych rozstępów (MR) dla długości rury po formowaniu oraz odległości pomiędzy wkrętami elementów na przedniej rurze. Zatem dalsza analiza dotyczyła wyłącznie pomiarów numer 3 i 4.

Następnie sprawdzono zdolność jakościową dla rozkaszowania tylnej rury oraz siły przesuwu (Tab. 3).

Tabela 3. Wskaźniki zdolności jakościowej c_p , c_{pk} dla pomiarów 2 i 3 [5]

	c_p	c_{pk}
pomiar 3	3,38	2,44
pomiar 4	brak (tolerowanie jednostronne)	1,83

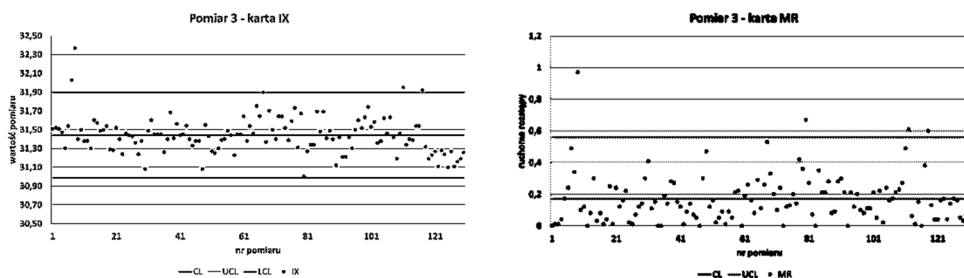
Zarówno rozkaszowanie tylnej rury, jak i siła przesuwu wykazują bardzo dobrą zdolność jakościową procesu ($c_{pk} > 1,66$). W związku z tym możliwe jest stosowanie klasycznych kart kontrolnych do badania stabilności procesu produkcji stelażu siedziska samochodowego. Jednocześnie proces rozkaszowania tylnej rury wymaga wprowadzenia pewnych korekt, z uwagi na brak ustalenia go na środku pola tolerancji ($c_p \neq c_{pk}$).

4.2. Karta pojedynczej obserwacji (IX) i ruchomych rozstępów (MR) przed eliminacją błędów grubych

Kolejnym etapem analizy było badanie stabilności procesu przy użyciu klasycznej karty pojedynczej obserwacji (IX) oraz ruchomych rozstępów (MR).

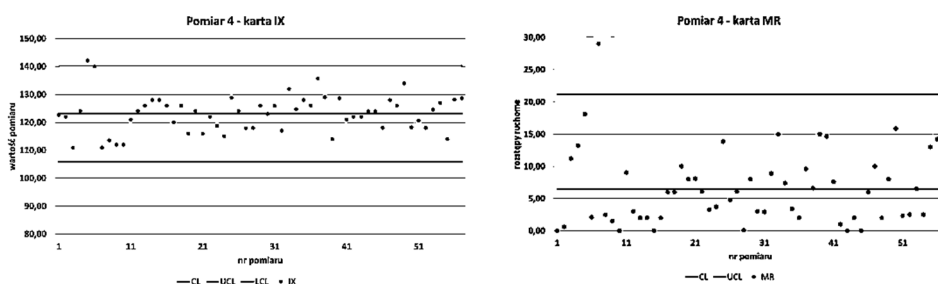
Karta kontrolna pojedynczych obserwacji (Rys. 4) sugeruje niebezpieczeństwo rozregulowania procesu rozkaszowania tylnej rury. Na karcie IX ujawniono, że pięć pomiarów przekracza, bądź znajduje się na górnej granicy kontrolnej (kolejno próbka nr 7,8,67,111,117) oraz zgodnie z testami przebiegu funkcji (które można znaleźć w [12]) dziewięć kolejnych punktów znajduje się poniżej linii centralnej (obserwacje 118-126). Z kolei, na karcie MR cztery pomiary (9,80,112,118) przekraczają również górną granicę kontrolną, co świadczy o nagłych skokach średnicy tylnej rury po rozkaszowaniu.

Pojawiające sygnały świadczące o zagrożeniu deregulacji są zaskakujące, z uwagi na bardzo wysoką zdolność jakościową tego procesu ($C_{pk} = 2,44$). Konieczne jest wyjaśnienie przyczyn zaistniałej sytuacji.



Rys. 4. Karta pojedynczych obserwacji (*IX*) i ruchomych rozstępów (*MR*) dla rozkloszowania tylnej rury [5]

Z kolei na kartach dla siły przesuwu (Rys. 5) pojawił się pojedynczy sygnał sygnalizujący możliwe zaburzenia w procesie (odpowiednio *IX*, *MR* pomiar: 5 i 6). Można zatem uznać, że proces jest statystycznie uregulowany, choć należy ustalić przyczynę pojawienia się tego odstępstwa od normy.



Rys. 5. Karta pojedynczych obserwacji (*IX*) i ruchomych rozstępów (*MR*) dla siły przesuwu [5]

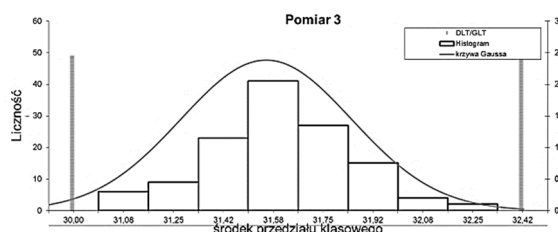
4.3. Identyfikacja i eliminacja wyników obciążonych błędami grubymi

Na podstawie zależności (2) i (3), w pomiarach rozkloszowania tylnej rury, zidentyfikowano trzy błędy grube (obserwacje: 8, 7 i 11). Zgodnie z rozdziałem 3.2 wyznaczono przedziały ufności dla średniej (Tab. 4), które statystycznie potwierdziły, że należy odrzucić te próbki.

Tabela 4. Przedziały ufności dla średniej (na poziomie istotności $\alpha = 0,5$)

Nr obserwacji (b_i - wartość pomiaru)	$\bar{x}_o - 1,96 \cdot \frac{s_o}{\sqrt{n}}$	$\bar{x}_o + 1,96 \cdot \frac{s_o}{\sqrt{n}}$	Czy próbka znajduje się w przedziale ufności?
8 ($b_1 = 32,37 \text{ mm}$)	31,40	31,47	NIE
7 ($b_2 = 32,03 \text{ mm}$)	31,4	31,46	NIE
11 ($b_3 = 31,95 \text{ mm}$)	31,4	31,45	NIE

Eliminacja błędów grubych przyczyniła się do polepszenia wskaźników zdolności jakościowej procesu (nowe wartości to: $c_p = 3,99$, $c_{pk} = 2,84$). W dalszym ciągu wymagane jest jednak wprowadzenie korekt ustawień procesu ($c_p \neq c_{pk}$). Poprawie uległ również kształt histogramu (Rys. 6), który nie zawiera już „dziury” i wyglądem bardziej przypomina rozkład normalny.

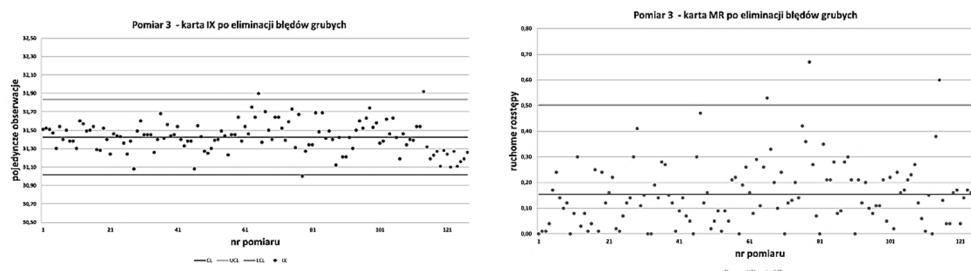


Rys. 6. Histogram dla pomiaru 3 po eliminacji błędów grubych

Analiza nie wykazała błędów grubych dla pomiaru siły przesuwu. W związku z tym, w dalszych rozważaniach, zajęto się wyłącznie problemem średnicy po rozkłoszowaniu tylnej rury.

4.2. Karta pojedynczej obserwacji (IX) i ruchomych rozstępów (MR) po eliminacji błędów grubych

Na nowej karcie IX (Rys. 7) pojawiły się trzy nietypowe obserwacje – dwie z nich znajdują się powyżej górnej granicy kontrolnej (pomiar 65 i 114) oraz jedna znalazła się poniżej dolnej granicy kontrolnej (próbka 78). Dodatkowo trzynaście kolejnych pomiarów znajduje się poniżej linii centralnej. W dalszym ciągu występują nagłe skoki wielkości średnicy tylnej rury po rozkłoszowaniu.



Rys. 7. Karta pojedynczych obserwacji (IX) i ruchomych rozstępów (MR) pomiaru 3 po eliminacji błędów grubych

Eliminacja błędów grubych umożliwiła częściowe wyjaśnienie przyczyn pojawienia się sygnałów wskazujących na zagrożenie deregulacji procesu rozkłoszowania tylnej rury. Jednakże, na kartach kontrolnych, pojawiają się obserwacje nietypowe, które wymagają wyjaśnienia przyczyn ich pojawienia się, poprzez bardziej szczegółową analizę samego procesu.

5. Podsumowanie

Statystyczne sterowanie procesem dostarcza wielu skutecznych narzędzi, jak np. karty kontrolne, które umożliwiają ciągłą kontrolę procesów produkcyjnych. Niewątpliwą zaletą ich stosowania jest możliwość szybkiej reakcji na zakłócenia pojawiające się w procesie, zanim wzrośnie np. liczba wadliwych wyrobów. Taka „polityka zapobiegawcza” pozwala przedsiębiorstwom na uniknięcie dodatkowych kosztów związanych ze złą jakością, np. poprzez likwidację skutków niskiej jakości produktów.

Analiza przeprowadzona w przedsiębiorstwie, produkującym stelaże siedzisk samochodowych, wskazuje, że na kartach kontrolnych mogą pojawić się fałszywe sygnały sugerujące możliwość deregulacji procesu. Jest to tzw. błąd pierwszego rodzaju, który polega na błędnym wnioskowaniu o braku statystycznej stabilności, w momencie, gdy proces jest stabilny. W konsekwencji wprowadza się zbędne przedsięwzięcia zmierzające do wprowadzenia działań korygujących, a co za tym idzie przedsiębiorstwo ponosi niepotrzebne koszty.

Eliminacja błędów grubych, w pierwszym etapie analizy przyczyn zaburzeń w procesie produkcyjnym, ma na celu identyfikację fałszywych sygnałów na karcie kontrolnej, których źródłem są np. niewłaściwie wykonane pomiary. Opisane powyżej postępowanie okazuje się skuteczne, zwłaszcza w przypadku, gdy zmienność określonej cechy wyrobu wskazuje na błędy pomiarowe (histogram z „dziurą”).

Zaprezentowana w artykule metoda z powodzeniem może być implementowana przez przedsiębiorstwa produkcyjne promujące politykę eliminacji marnotrawstwa oraz oszczędności, a zwłaszcza w czasach wzmożonej konkurencji rynkowej i rosnącej potrzeby wdrażania innowacyjnych procesów i produktów. Wymaga to zastosowania odpowiedniej metody kontroli jakości procesów produkcyjnych, dającej pewność poprawnej identyfikacji zakłóceń w procesie, co stanowi podstawę znalezienia ich przyczyn. W konsekwencji pozwala na podejmowanie efektywnych i adekwatnych do sytuacji działań korygujących i zapobiegawczych.

Literatura

1. Thompson J.R., Koronacki J., Nieckuła J.: Techniki zarządzania jakością od Shewharta do metody „Six Sigma”. Akademicka Oficyna Wydawnicza Exit, Warszawa, 2005.
2. PN-ISO 3534-2. Statystyka. Statystyczne sterowanie jakością. Terminologia i symbole. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa, 1994.
3. Greber T.: Statystyczne sterowanie procesami – doskonalenie jakości z pakietem STATISTICA, StatSoft, Kraków, 2000.
4. Lorenc M., Czabak-Górska I. D.: Metody statystyczne w kontroli jakości w procesie produkcji. Logistyka, nr 6/2013, Listopad-Grudzień, s.644-647.
5. Czabak-Górska I.D., Lorenc M.: Analiza stabilności procesu produkcyjnego – studium przypadku. Logistyka, nr 6/2014, s. 12075 - 12079.
6. Hamrol A., Mantura W.: Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka. PWN, Warszawa, 2005.
7. PN-87/N-01052.13. Statystyka matematyczna – Badania statystyczne – Zasady wykrywania w próbie wyników obciążonych błędami grubymi. Polski Komitet Normalizacji, Miar i Jakości, Warszawa, 1987.

8. Twardowski K., Traple J.: Uwagi dotyczące wątpliwych wyników pomiarów. *Wiertnictwo, Nafta, Gaz*, Tom 32/2, Kraków, 2006, s. 699-714.
9. PN-ISO 5725-2: Dokładność (poprawność i precyzja) metod pomiarowych i wyników pomiarów – Część 2: Podstawowa metoda określania powtarzalności i odtwarzalności standardowej metody pomiarowej. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa, 2002.
10. Kot S.M., Jakubowki J., Sokołowski A.: *Statystyka*. Wyd. II, poprawione. Difin, Warszawa 2011.
11. Aczel A.D.: *Statystyka w zarządzaniu*. Polskie Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 2000.
12. PN-ISO 8258+AC1: Karty kontrolne Shewharta. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa, 1996.

Mgr Izabela Czabak-Górska jest stypendystką projektu *Stypendia doktoranckie – inwestycja w kadre naukowe województwa opolskiego II* współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego

Mgr Izabela D. CZABAK-GÓRSKA
Dr inż. Aneta KUCIŃSKA-LANDWÓJTOWICZ
Instytut Innowacyjności Procesów i Produktów,
Katedra Inżynierii Jakości Produkcji i Usług,
Politechnika Opolska
45-370 Opole, ul. Ozimska 75
tel./fax: (+48 77) 449 8848
e-mail: i.gorska@po.opole.pl
a.kucinska@po.opole.pl