

METODYKA OCENY JAKOŚCI WYROBÓW Z POZYCJI PRODUCENTA I ODBIORCY

Anna KIELBUS

Streszczenie: W artykule przedstawiono metodykę analizy jakości wyrobów, prowadzącą do: uzyskania odpowiedzi dotyczącej istotności poddanych badaniu parametrów/kryteriów w opiniach producentów w odniesieniu do opinii klientów; sklasyfikowania producentów pod względem spełnienia oczekiwań klientów, dając tym samym możliwość wyboru najlepszej oferty na rynku oraz oszacowania strat z tytułu niedostatecznej jakości wyrobu, generowanych przez - dalekie od pożądanych - wartości parametrów.

Słowa kluczowe: funkcja strat jakości, aplikacja MAJA.

1. Wprowadzenie

Zarządzanie jakością, a w szczególności aspekty ciągłego doskonalenia jakości, zarówno koniecznej (odnoszącej się do szeroko rozumianych wad), jak i przyciągającej (dotyczącej cech pozytywnych, np. łatwość obsługi, czy atrakcyjne wzornictwo wyrobu) w procesach wytwarzania są podyktowane wymaganiami rynku konsumentów i panujących trendów.

Dążenie do zapewnienia lepszej jakości wyrobów w warunkach silnej konkurencji, przy określonej wydajności wpływa na koszty produkcji. Efektywne zarządzanie przedsiębiorstwem wymaga stosowania nowych metod analizy, wspomagających wyodrębnienie cech produktu istotnie wpływające na jakość oraz pozwalających na oszacowanie strat z tytułu niedotrzymania pożądanej jakości (z punktu widzenia klienta jak i producenta). Tak sformułowany problem ma charakter ogólny i dlatego metoda proponowana do jego rozwiązania powinna również spełniać postulat uniwersalności. Taki warunek został postawiony przez Urząd Marszałkowski Województwa Małopolskiego, jako Instytucji Wdrażającej projekt pt. „Opracowanie wieloparametrowego systemu monitoringu i oceny efektywności wdrażania Regionalnej Strategii Innowacji Województwa Małopolskiego i innowacyjnych projektów, będących ich składowymi”.

Dlatego też, w odpowiedzi na zapotrzebowanie zleceniodawcy, Urzędu Marszałkowskiego, podjęto próbę opracowania metody, a następnie narzędzia wspomagającego analizę, tj. programu MAJA.

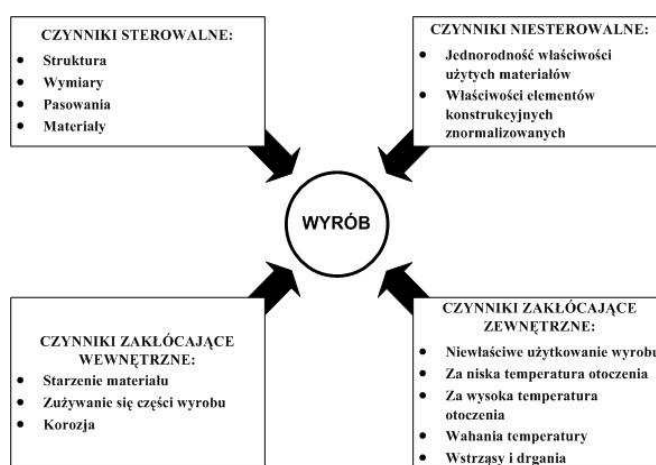
2. Czynniki wpływające na jakość wyrobu

Podstawową rolą procesu produkcyjnego jest stworzenie produktu końcowego tak, aby jego parametry były niezmiennie w czasie (każdy wyrób powinien być taki, jak oczekuje tego klient). W przypadku zmienności (niestabilności) produktu końcowego nie można oczekiwać, iż przyczyny tej zmienności będą w równej mierze rozłożone wzdłuż całego ciągu produkcyjnego. Natomiast, odchylenia parametrów produktu od pożądanych wartości występujące bardzo rzadko mogą się stać cechą ułatwiającą wykrycie źródła niestabilności [1].

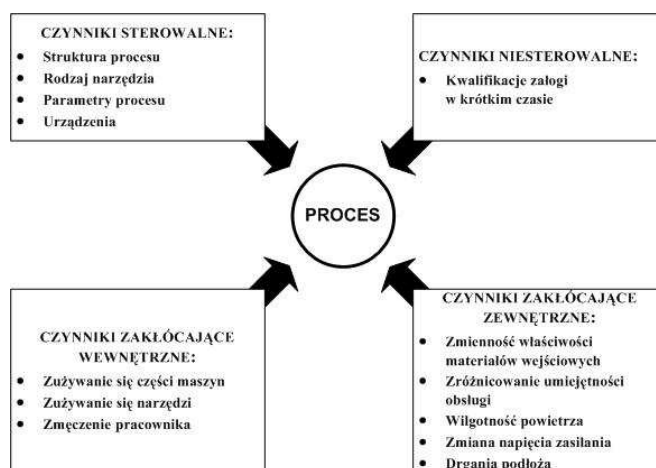
Przystępując do rozwiązania problemu związanego z jakością produktu lub procesu należy zastanowić się jakie czynniki mogły mieć wpływ na jego charakterystyki funkcjonalne. Wyróżnia się trzy rodzaje czynników:

- sterowalne (ang. *control factors*), które mogą być w łatwy sposób skontrolowane i utrzymywane,
- niesterowalne lub sterowalne w ograniczonym zakresie,
- zakłócające (ang. *noise factors*) – dokuczliwe odchylenia, które są trudne, niemożliwe lub bardzo kosztowne do kontroli.

Wszystkie wymienione kategorie czynników będą różne ze względu na przedmiot oddziaływania, mianowicie w zależności, czy będzie to wyrób, czy proces [1]. Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono przykładowe czynniki działające na proces oraz na wyrób.



Rys. 1. Czynniki działające na wyrób
Źródło: [3, 4]



Rys. 2. Czynniki działające na proces
Źródło: [3, 4]

Czynniki zakłócające są odpowiedzialne za powstawanie odchyłeń charakterystyk funkcjonalnych od wartości pożądaných. Ponieważ kontrola tych czynników jest kosztowna a często niemożliwa, w metodzie Taguchi'ego nie dąży się do ich identyfikacji, a następnie kontroli, lecz wybiera się takie wartości dla czynników sterowalnych, aby produkt lub proces były jak najmniej czułe na zmiany czynników zakłócających.

Opracowana metodyka badań, prowadzi do uzyskania odpowiedzi dotyczącej istotności poddanych badaniu parametrów/kryteriów w opiniach producentów (ekspertów) w odniesieniu do opinii klientów (użytkowników obrabiarek CNC) oraz oszacowania strat z tytułu niedostatecznej jakości wyrobu, generowanych przez - dalekie od pożądaných - wartości parametrów. Ponadto, proponowana metodyka umożliwia sklasyfikowanie producentów pod względem spełnienia oczekiwań klientów, dając tym samym możliwość wyboru najlepszej oferty na rynku. Schemat postępowania opracowanej metodyki został przedstawiony na rysunkach 3 i 4.

3. Metodyka analizy

Na podstawie danych od producentów (Rys. 3) wyszczególniono wartości parametrów nieistotnych, którym producenci przypisali istotność równą 0. Analogicznie, dla danych od klientów, wyszczególniono zerowe wartości istotności. Zestawione tabelarycznie wartości zerowych oraz histogram odpowiedzi pozwalają określić rzetelność respondowanego i wykluczyć z badania podejrzanych o przejawianie.

Następnie, zarówno dla producentów jak i klientów wyznaczane są kwartyly dla poszczególnych parametrów – wyznaczenie następuje osobno dla zbioru producentów i klientów. Dzięki ich wskazaniu, możliwe jest skonstruowanie wykresu typu pudełkowy, obrazującego skupienie danych i ich skośność.

Na podstawie danych od klienta wyznacza się statystyki opisowe (tj. średnia arytmetyczna, odchylenie standardowe, wariancja, maksymalna i minimalna wartość, przedziały ufności oraz procentowa i bezwymiarowa waga średniej arytmetycznej), które posłużą do obliczenia współczynnika d_{st} – standaryzowanej odległości producenta od średniego klienta.

$$d_{st} = \frac{x_i - \bar{x}}{s} \quad (1)$$

gdzie: x_i – cecha (właściwości) produktu

\bar{x} – średnia arytmetyczna cechy produktu

s – średnie odchylenie standardowe dla próby

Powyzsza wielkość pozwala na wyłonienie różnicy w odpowiedzi udzielonej na pytanie przez producenta w stosunku do odpowiedzi wszystkich klientów (w obrębie jednego parametru). W konsekwencji wyznaczony współczynnik d_{st} , służy do obliczenia kwadratowej standaryzowanej odległości producenta od średniego klienta L (tzw. funkcji strat jakości), na podstawie zależności:

$$f(d_{st}) = \begin{cases} 0, & \text{dla } d_{st} > 0 \\ d_{st}^2, & \text{dla } d_{st} \leq 0 \end{cases} \quad (2)$$

gdzie: d_{st}^2 – kwadratowa standaryzowana odległości producenta od średniego klienta

Wartość 0 oznacza, że ocena producenta jest nie gorsza niż klienta.

Następnie wyznacza się L_w – ważoną kwadratową standaryzowaną odległość od średniego klienta poprzez odniesienie wartości funkcji strat jakości do bezwymiarowej wagi średniej arytmetycznej uzyskanej w statystykach opisowych:

$$L_w = L \cdot w \quad (3)$$

gdzie: L – funkcja strat jakości

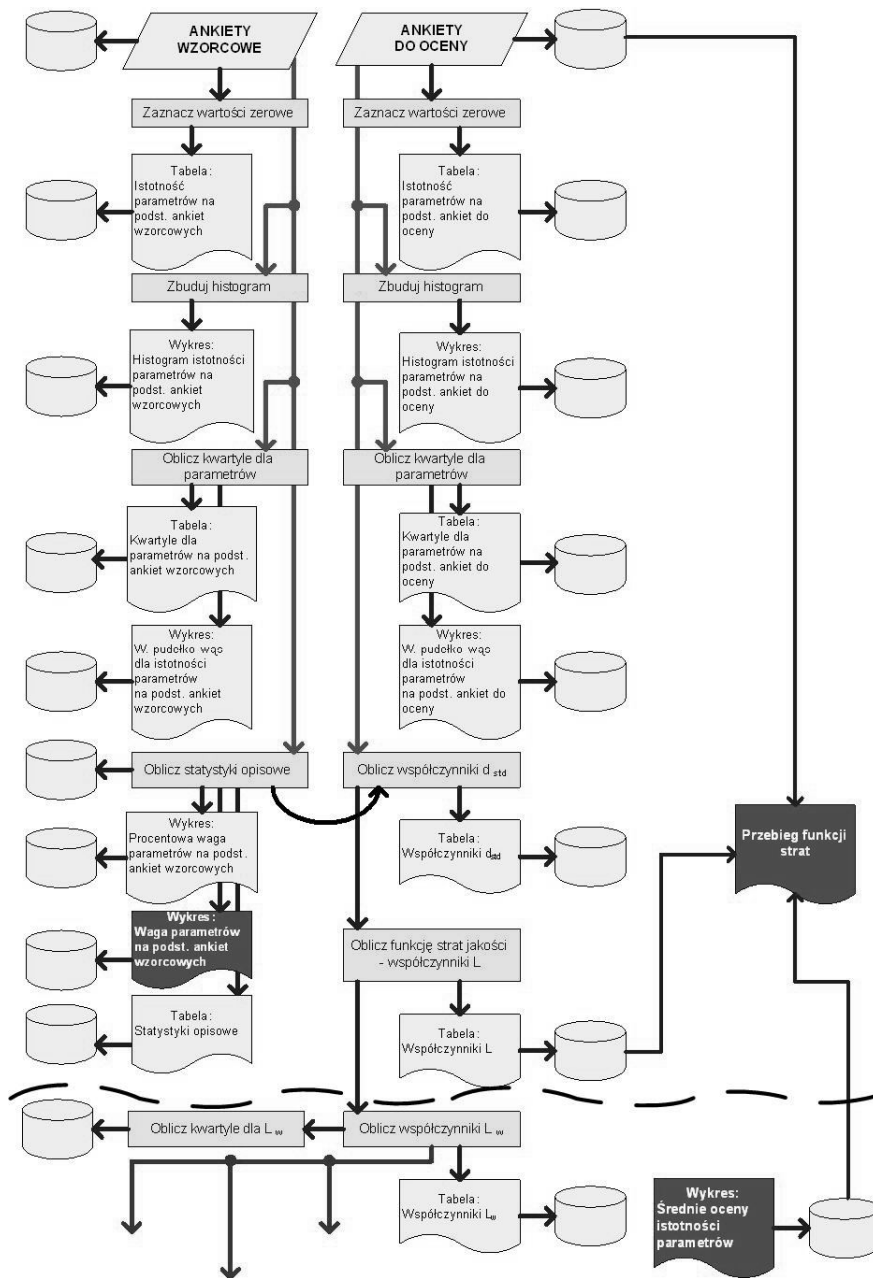
w – bezwymiarowa waga średniej arytmetycznej

Następnie dokonuje się wyboru jednej z trzech metod unifikacji (Rys. 4.) tj.: unifikacji manualnej, dla której ręcznie określa się progi unifikacji, unifikacji współczynnika zdefiniowanego, dla której progi zostały ustalone eksperymentalnie w wyniku analiz danych o różnym charakterze, oraz unifikacji automatycznej, dla której progi obliczono na podstawie rozkładu kwartyli dla L_w .

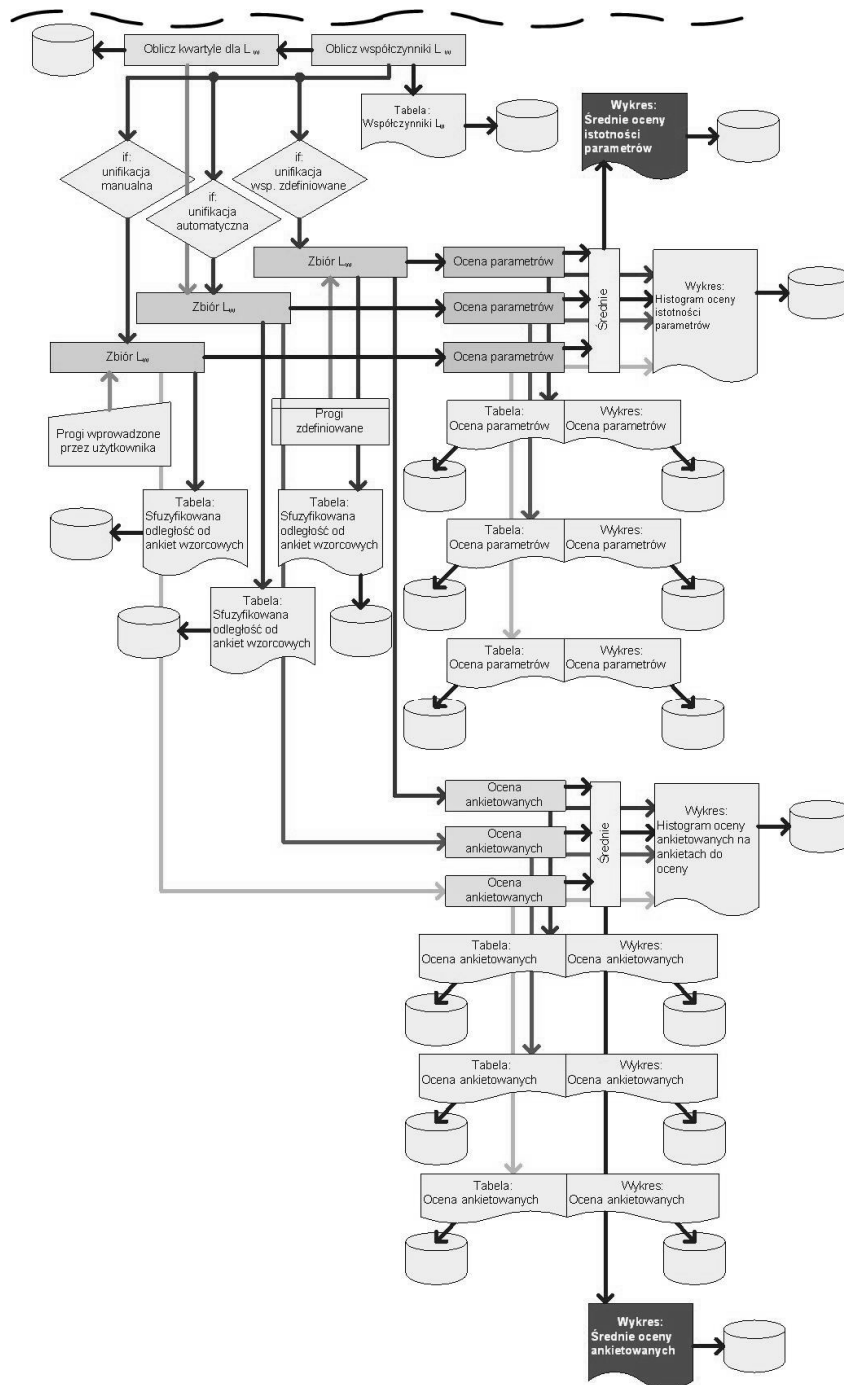
Otrzymane unifikowane wartości ocen sumuje się dla poszczególnych parametrów odrębnie dla każdego zbioru L_w i otrzymuje ocenę tych parametrów pod względem spełnienia oczekiwań producenta względem klienta (im wyższa wartość oceny tym parametr może generować większe straty dla producenta, ponieważ ocena oczekiwań producenta znacznie odbiega od oczekiwań klienta; im niższa wartość, tym parametr jest bardziej odporny na zakłócenia, a tym samym na straty, co oznacza, że oczekiwania klienta i producenta są ze sobą zgodne). Uśredniając wartości oceny parametrów zawarte w powstałych trzech zbiorach otrzymuje się – zobrazowaną na wykresie – uśrednioną klasyfikację ocen istotności parametrów wg producenta w stosunku do klienta.

Jednocześnie, przetwarzając otrzymane unifikowane wartości ocen można sklasyfikować producentów oceniających poszczególne parametry swojego innowacyjnego wyrobu. Postępuje się analogicznie do metodyki powyższych obliczeń, mianowicie dokonuje się zsumowania wartości unifikowanych ocen dla poszczególnych producentów (im niższa wartość oceny w tym lepszym stopniu producent satysfakcjonuje klienta; z kolei im wyższa w tym większym stopniu odbiega od oczekiwań klienta). Uśredniając wartości oceny producentów zawarte w powstałych trzech zbiorach otrzymuje się na wykresie uśrednioną klasyfikację producenta spełniającego oczekiwania klienta.

Dodatkowo, na podstawie klasyfikacji poszczególnych parametrów i wartości ocen poszczególnych parametrów dla danego produktu oraz wyznaczonej funkcji strat jakości można oszacować stratę z tytułu złej jakości produktu spowodowanej niedostosowaniem wybranego parametru w ocenie producenta względem klienta.



Rys. 3. Część 1 algorytmu postępowania



Rys. 4. Część 2 algorytmu postępowania

Aby wyznaczyć przebieg funkcji strat na podstawie, którego odczytuje się straty wygenerowane z tytułu niespełnienia oczekiwań klienta należy: wybrać parametr, dla którego będą szacowane straty oraz produkt (np. model obrabiarki) danego producenta. Następnie należy podać wartości dla następujących współczynników: X_{doc} , Δ_0 , A_k , L_k (Tab. 1).

Tab. 1. Współczynniki stałe, których wartości są określane przez analityka

X_{doc}	Wartość docelowa właściwości produktu (argument funkcji strat, dla którego osiąga ona minimum); wartość parametru
Δ_0	Odchylenie od pożądanego wartości parametru
A_k	Koszt naprawy lub wymiany produktu z tytułu przekroczenia granicy funkcjonalności ($0 \div 1$)
L_k	Dopuszczalny koszt wykonania operacji poprawkowych na końcu linii produkcyjnej ($0 \div 1$)

Na podstawie wyznaczonych wartości dla wielkości stałych należy obliczyć wielkości, które posłużą do wyznaczenia przebiegu zmienności funkcji strat jakości i wyznaczenia granic tolerancji. Są to: k_{L1} , k_{L2} , X_{A1} , X_{A2} , A_0 , Δ_{gt} , LSL, USL:

- stała decydująca o szybkości przyrastania strat o wymiarze [PLN/j*²], jeśli wymiar właściwości $X[j^*]$ (k_{L1})

$$k_{L1} = \frac{A_k}{\Delta_0^2} \quad (4)$$

gdzie: j^* - jednostka parametru

- bezwymiarowy współczynnik strat (k_{L2})

$$k_{L2} = \frac{1}{s^2} \quad (5)$$

- minimalna wartość parametru w granicach funkcjonalności (X_{A1})

$$X_{A1} = X_{doc} - \Delta_0 \quad (6)$$

- maksymalna wartość parametru w granicach funkcjonalności (X_{A2})

$$X_{A2} = X_{doc} + \Delta_0 \quad (7)$$

- maksymalna strata w granicach funkcjonalności produktu (A_0)

$$A_0 = k_{L1} \cdot (X_{A1} - X_{doc})^2 \quad (8)$$

- granice tolerancji dla dopuszczalnego kosztu dokonania operacji poprawkowych na końcu linii produkcyjnych (Δ_{gt})

$$\Delta_{gt} = \sqrt{\frac{L_k}{k_{L1}}} \quad (9)$$

- dolna granica tolerancji (LSL)

$$LSL = X_{doc} - \Delta_{gt} \quad (10)$$

- górna granica tolerancji (USL)

$$USL = X_{doc} + \Delta_{gt} \quad (11)$$

Następnie, dla w/w i obliczonych charakterystyk liczbowych należy naszkicować przebieg zmienności funkcji strat jakości:

- bezwymiarowej funkcji strat - $L_2(X)$

$$L_2(X) = k_{L2} \cdot (X - X_{doc})^2 \quad (12)$$

- funkcji strat Taguchi'ego $L_1(X)$

$$L_1(X) = k_{L1} \cdot (X - X_{doc})^2 \quad (13)$$

4. Podsumowanie

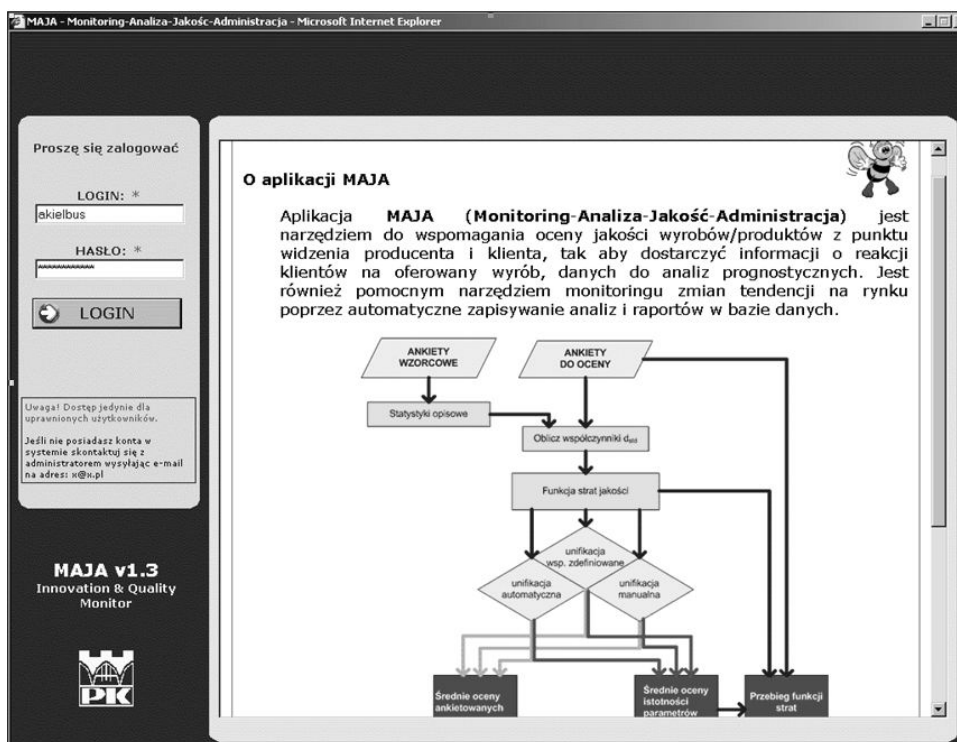
Opracowana metoda została przetestowana na przykładzie wyrobów – obrabiarek do obróbki metali, oferowanych na targach EUROTOOL w Krakowie.

Zaproponowana metoda, jak również narzędzie wspomagające proces podejmowania decyzji dotyczących jakości wyrobów jakim jest aplikacja MAJA, ma na celu:

- klasyfikację producentów spełniających oczekiwania klientów,
- klasyfikację parametrów wpływających na jakość wyrobów,
- oszacowanie strat z tytułu złej jakości danego parametru wyrobu.

W metodyce tej wykorzystano funkcję strat Taguchi'ego, która pozwoliła oszacować parametry jakości wyrobu. Natomiast, elementy analizy statystycznej i planowania doświadczeń, doprowadziły do uszeregowania parametrów wpływających na jakość produktu spełniającego oczekiwania klienta, jak i sklasyfikowania producentów dążących do zapewnienia satysfakcji klienta – zapewniając skrócenie czasu analizy projektu i obiektywizację oceny.

Zaimplementowanie metody w aplikacji webowej MAJA pozwala na realizację analizy w krótszym czasie i on-line oraz – ze względu na mnogość i różnorodność wykresów i tabel – wspomaga podejmowanie decyzji – również cząstkowych (Rys. 5).



Rys. 5. Okno powitalne aplikacji MAJA – logowanie do systemu

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. Hamrol A.: Zarządzanie jakością z przykładami, PWN, Warszawa 2005.
3. Hamrol A., Mantura: Zarządzanie jakością, PWN, Warszawa 1999.
4. Phadke M. S., Quality Engineering Using Robust Design, Prentice-Hall International Editions, Englewood Cliffs, New Jersey 1989.
5. Gawlik J., Kiełbus A.: Metody i narzędzia w analizie jakości wyrobów, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2008.
6. Kiełbus A.: Wielokryterialna ocena jakości wyrobów przemysłu maszynowego, praca doktorska, Politechnika Krakowska, Kraków 2007.

Dr inż. Anna KIEŁBUS
 Katedra Inżynierii Procesów Produkcyjnych
 Politechnika Krakowska
 31-864 Kraków, al. Jana Pawła II 37
 tel.: (+12) 374 37 43
 e-mail: akielbus@poczta.onet.pl