

Dr inż. Jarosław MISIAK (Politechnika Warszawska):

## **PROCES TECHNOLOGICZNY CZYNNIKIEM DETERMINUJĄCYM PROCESY POMIAROWE**

### Streszczenie

Nadzorowanie procesów pomiarowych z użyciem programów do wspomagania obliczeń statystycznych wymaga stworzenia bazy danych zawierającej wartości docelowe obróbki (wymiary liniowe i kątowe, tolerancje). W artykule omówiono procesowe podejście do budowy modelu danych przechowującego dwa rodzaje informacji: parametry obróbki skrawaniem (dane wejściowe) i wyników pomiarów parametrów docelowych uzyskiwanych w czasie obróbki. Powiązanie danych wejściowych i wyjściowych pozwala na wykorzystanie technik SPC do nadzorowania procesu.

**Słowa kluczowe:** procesy skrawania, metrologia, SPC

## **TECHNOLOGICAL PROCESS MEASUREMENT PROCESS DETERMINING FACTOR**

### Abstract

Supervision of measurement processes using computer programs to support statistical calculations required to build a database of the treatment target values (length dimensions, angular dimensions, tolerances). The article discusses the process approach to build a database that stores two types of information: machining parameters (input) and the results of measurements of the target generated during processing (data processing). Linking the input and output data allows the use of SPC techniques.

**Keywords:** cutting processes, metrology, SPC

# **PROCES TECHNOLOGICZNY CZYNNIKIEM DETERMINUJĄCYM PROCESY POMIAROWE**

Jarosław MISIAK<sup>1</sup>

## **1. WSTĘP**

Podejście procesowe w celu budowy modeli danych procesów produkcyjnych jest obecnie dominującym trendem w dziedzinie zarządzania. Zastosowanie takiego sposobu do gromadzenia informacji o procesach skrawania pozwala na zaprojektowanie rozwiązań nieposiadających ograniczenia wynikających z różnic w opisie operacji technologicznych: za pomocą tego samego formularza można opisać operacje frezowania, toczenia, szlifowania. W artykule opisano metodykę budowy modelu danych przechowującego informacje o procesach skrawania i procesach pomiarowych. Pokazano wykorzystanie bazy danych do analizy statystycznej procesów obróbki skrawaniem.

## **2. ANALIZA PROCESÓW SKRAWANIA**

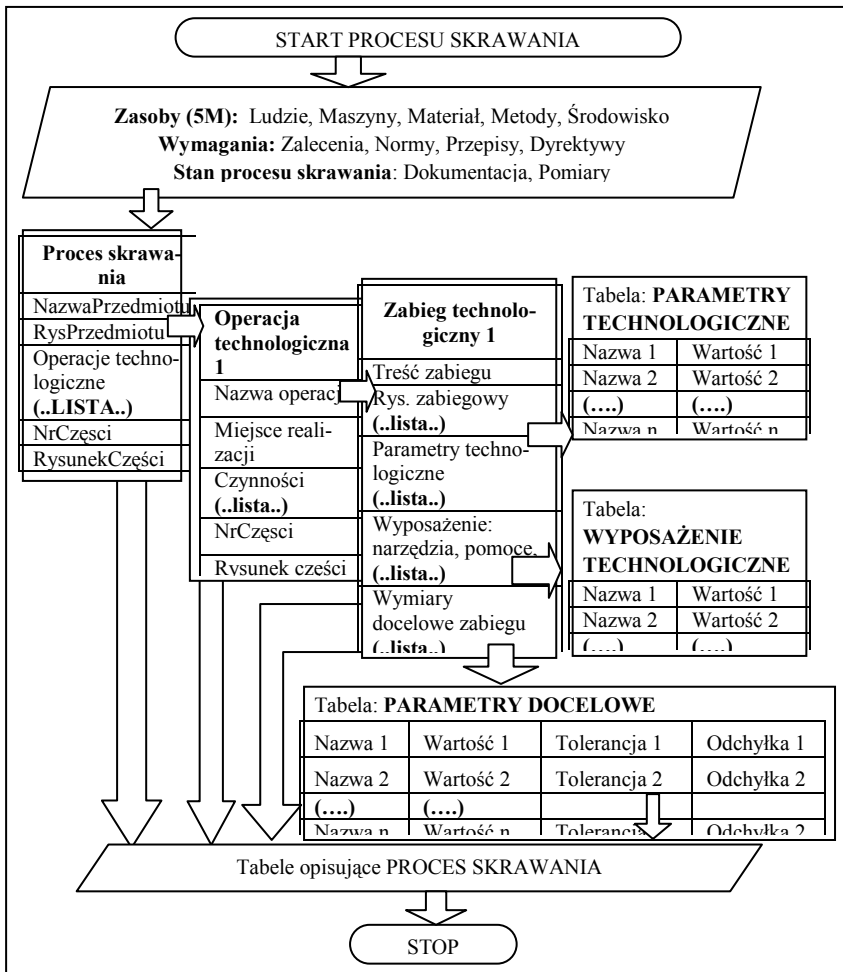
Analizy procesów skrawania za pomocą technik SPC wymaga znajomości parametrów docelowych uzyskiwanych w kolejnych zabiegach technologicznych, tolerancji wymiarów, znajomości okoliczności w jakich zostały wykonane przedmioty: listy narzędzi, listy pracowników, czasu w którym była wykonana produkcja. Część tych informacji jest dostępna w dokumentach opisujących proces skrawania: karcie technologicznej, kartach zabiegowych. Wyniki pomiarów zapisane w postaci dokumentów elektronicznych lub papierowych są przechowywane w Dziale Zapewnienia Jakości, najczęściej na stanowiskach, w których zostały uzyskane. Analiza statystyczna procesów skrawania na podstawie wykonanych wyników pomiarów wymaga wprowadzenia

---

<sup>1</sup>Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Produkcji, 02-524 Warszawa, ul. Narbutta 85

informacji o parametrach, które były sprawdzane: wymiary nominalne, tolerancje, odchyłki. Przygotowanie danych do programu statystycznego na podstawie wyników pomiarów przechowywanych w bazie danych wymaga dwóch kroków:

1. określenie listy sprawdzanych parametrów, dla których chcemy wykonać analizę statystyczną,
2. pobranie wyników pomiarów z systemu informatycznego. Do realizacji tego kroku programy statystyczne dostarczają formularze mające ułatwić tworzenie zapytań do baz danych i przetworzenie informacji z lokalnego systemu informatycznego do postaci wymaganej przez program statystyczny [7].



Rys. 1. Budowa modelu danych dla procesu skrawania

Żeby zapewnić dostęp do informacji dotyczących obróbki skrawaniem i pomiarów bez znajomości wiedzy zakresu technologii informacyjnych (ang. IT) należy przygotować model danych przechowujący informacje dotyczące obróbki skrawaniem i wyniki pomiarów.

Projektowanie modelu danych można zrealizować dwoma metodami:

- **podjęcie strukturalne:** informacje, które mają być przechowywane w bazie danych są zdeterminowane przez obiekty, które ta baza danych ma opisywać. Ponieważ frez ma inną budowę niż nóż tokarski, będzie miał inną tabelę do przechowywania informacji o wymiarach narzędzia niż nóż. Opisuując narzędzia dla każdego typu narzędzia należy zaprojektować: tabele, formularze, raporty. Prowadzi to do budowania wielu tabel i skomplikowanego programu zarządzającego. Podobnie będzie w przypadku opisu operacji kształtowania: opis operacji frezowania będzie różnił się od opisu operacji tokarskich czy szlifierskich.

- **podjęcie procesowe:** istotne są procesy realizowane w celu wytworzenia przedmiotu. Podstawowym procesem wytwarzania jest proces skrawania, a związane z nim są procesy pomiarowe i procesy analizy statystycznej. Budując opis procesów skrawania za pomocą bazy danych należy uwzględnić wszystkie elementy opisu procesu np. wg metody 6M: Machine (maszyna), Material (materiał), Man (człowiek), Method (metoda), Management (zarządzanie), Milieu (środowisko). Dekompozycja procesu na podprocesy (operacje i zabiegi, itd.) umożliwi zapisanie informacji o procesie skrawania z uwzględnieniem wszystkich istotnych aspektów i późniejszą analizę procesu z wykorzystaniem metod statystycznych.

Do dekompozycji procesu skrawania w celu zbudowania modelu danych wykorzystuje się podział procesów skrawania na operacje i zabiegi. Jeżeli w opisie procesu pojawia podproces (lista działań), należy ją zastąpić za pomocą kolejnej tabeli. Dla dekompozycji procesów skrawania takie działania należy podjąć kilka razy:

- w tabeli opisującej proces technologiczny występuje lista operacji. Taką pozycję zastępuje się tabelą zawierającą opis operacji - *Operacja technologiczna*,
- w tabeli opisującej operację występuje lista czynności. Listę należy zastąpić tabelą *Zabiegi technologiczne*,
- w tabeli *Zabiegi technologiczne* występuje kilka list, które należy zastąpić odpowiednio tabelami: *Parametry obróbkowe*, *Parametry docelowe* i *Wyposażenie technologiczne*.

W wyniku dekompozycji procesu skrawania otrzymano tabele:

Tabela	Przeznaczenie
Proces	Przechowuje informacje o procesie skrawania. Proces może składać się z podprocesów
Operacja technologiczna	Przechowuje informacje o czynnościach wykonywanych w jednym miejscu, przez grupę ludzi, na jednej lub kilku obrabiarkach bez przerw na inną pracę [2].

Zabieg technologiczny	Część operacji odnosząca się do obróbki jednej powierzchni, jednym narzędziem przy stałych (niezmienionych) parametrach obróbki [2].
Parametry docelowe	Wymiary, które powinny być osiągnięte w czasie wykonywania zabiegu technologicznego. Należy podać tolerancje, odchyłki, wymiar nominalny.
Parametry technologiczne	Parametry skrawania np.: $a_p$ - głębokość skrawania, $f$ - posuw, $v_f$ - prędkość posuwu, $v_c$ - prędkość skrawania, $n$ - prędkość obrotowa[4].
Wyposażenie technologiczne	Obrabiarka, narzędzia obróbkowe, pomoce i uchwyty, narzędzia pomiarowe potrzebne do wykonania zabiegu.

Rys. 2. Tabele potrzebne do budowy modelu danych procesu skrawania

Projektując aplikacje należy listę tabel wymienioną na rys. 2 rozszerzyć o informacje dotyczące organizacji produkcji, personelu oraz posiadanych środków.

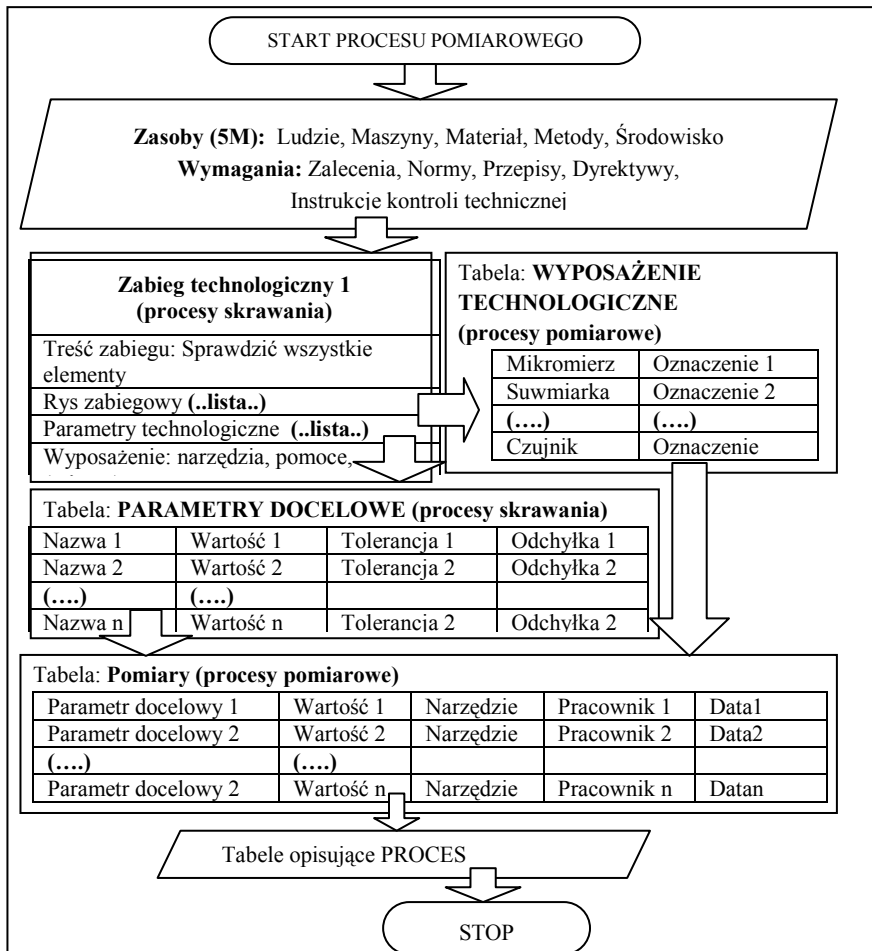
Przedstawiona budowa modelu danych dla procesu skrawania może być kontynuowana dalej. Poprzez dodanie kolejnej tabeli zwiększa się dokładność opisu procesu (np. wprowadzając tabelę *Szczegóły wyposażenia technologicznego*, w której mogą być przechowywane informacje o używanych narzędziach i przyrządach.

### 3. ANALIZA PROCESÓW POMIAROWYCH

Wykorzystanie technik SPC [1] powoduje konieczność opracowania modelu danych dla procesu skrawania i procesu pomiarowego. Procesy pomiarowe są realizowane w zależności od wymagań stawianych przed procesem skrawania. Instrukcje dotyczące pomiarów są umieszczane na kartach zabiegowych. Do każdej instrukcji pomiarów jest wyszczególniony sprzęt pomiarowy, sprawdzane wyposażenie oraz częstota kontroli.

Wykonując pomiary należy wykorzystać informacje określone dla procesu skrawania o parametrach docelowych obróbki: wartości nominalne, odchyłki, tolerancje, wyposażenie pomiarowe. Zapisując wyniki pomiarów zgodnie z zaleceniami norm serii ISO 9000 należy dodać zapisy o okolicznościach wykonania pomiaru [1], [5], [6]: nazwę sprawdzanego parametru docelowego, numer narzędzia, nazwisko pracownika, czas wykonania pomiaru.

Informacje te zostaną wykorzystane do analizy statystycznej. Wykorzystanie informacji uzyskanych w różnych procesach pozwala unikać wielokrotnego wprowadzania ich do różnych systemów informatycznych, a więc pozwala zaoszczędzić czas obsługi.

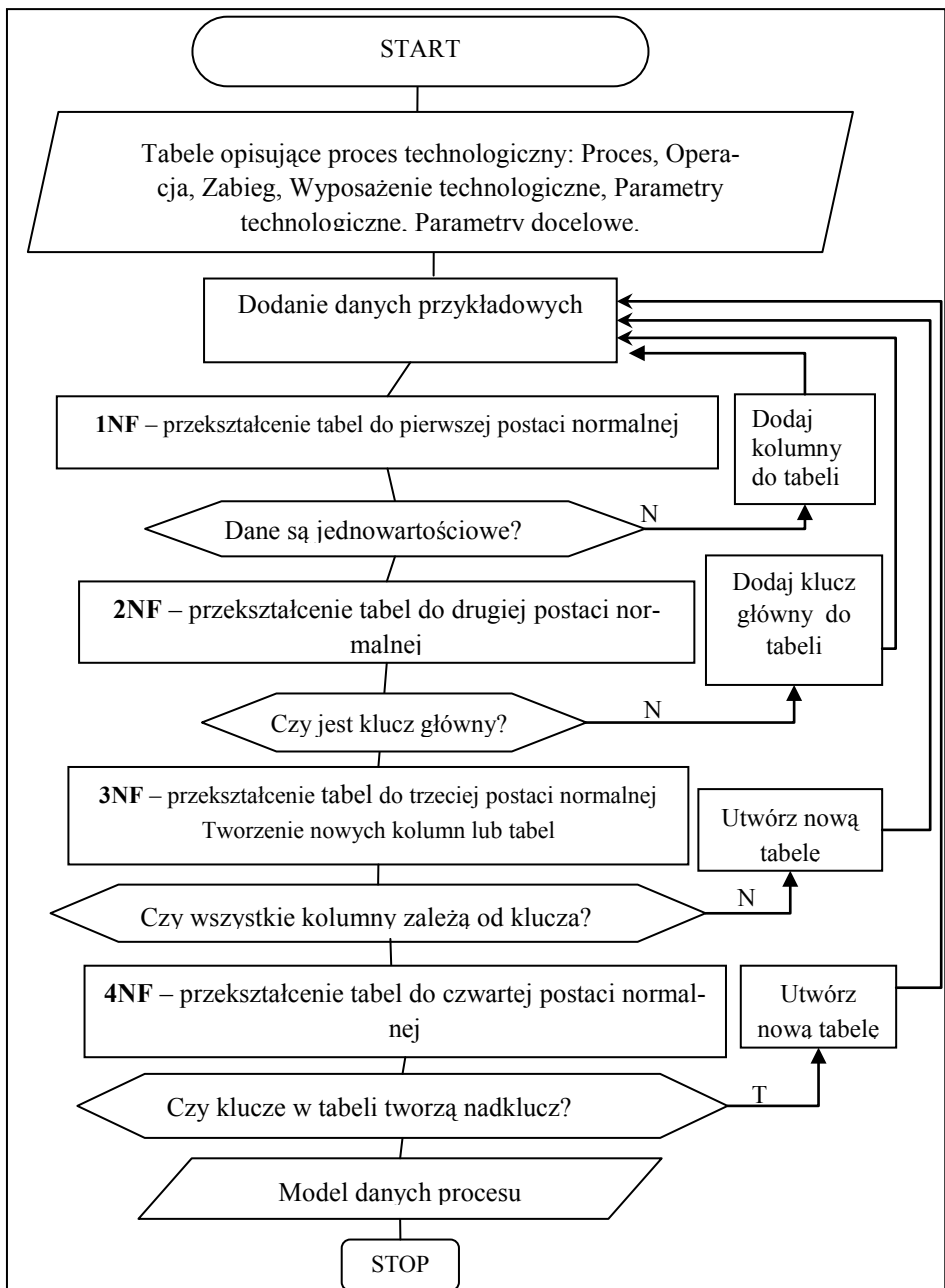


Rys. 3. Budowa modelu danych procesu pomiarowego

#### 4. ANALIZA PROCESÓW SKRAWANIA ZA POMOCĄ TECHNIK SPC

Techniki SPC wymagają dostępu do informacji dotyczących procesu skrawania i procesów pomiarowych. Dostęp do odpowiednich informacji można uzyskać za pomocą technik wykorzystywanych w bazach danych. Informacje o wynikach pomiarów można uzyskać kilkoma sposobami np.:

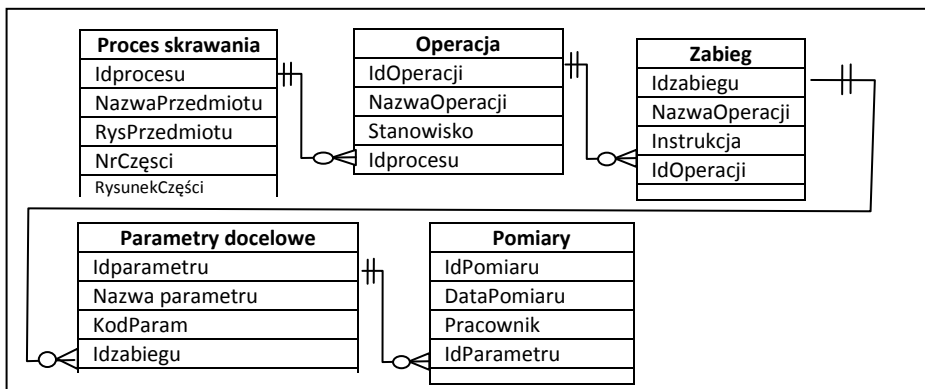
- używając nazwy przedmiotu, nazwy operacji technologicznej, nazwy zabiegu, nazwy parametru docelowego na podstawie opracowanego modelu danych,
- podając identyfikator parametru docelowego zapisany w rejestrach bazy danych.



Rys. 4. Przekształcenia modelu danych dla procesów skrawania

Ogólny zarys projektowania modelu danych do zapisu procesów obróbki skrawaniem i związanych z nim procesów pomiarowych jest następujący [3]:

1. określenie cech procesu istotnych dla opisu. Cechy będą atrybutami relacji w bazie danych,
2. dla wszystkich cech należy ustalić dane przykładowe,
3. doprowadzenie modelu danych do pierwszej postaci normalnej: trzeba usunąć wszystkie cechy, które mają wpisy w postaci listy, opisu składającego się z kilku określeń. W tym celu należy zidentyfikować te cechy procesu, a następnie rozdzielić je na składowe lub zastąpić podprocesem, Operację tą należy wykonać tyle razy, aż wszystkie wpisy zostaną sprowadzone do elementarnej (niepodzielnej) postaci,
4. cechy procesu należy pogrupować zgodnie z obiektami, których dotyczą. Obiekty te będą tabelami (relacjami), cechy staną się nagłówkami tabel (atrybutami relacji),
5. doprowadzenie modelu danych do drugiej postaci normalnej: dla każdej tabeli (relacji) należy zidentyfikować kolumny (atrybuty relacji), które jednoznacznie identyfikują każdy podzbiór relacji (każdy rekord tabeli z bazy danych). Jeżeli nie ma takiej cechy, to należy ją wprowadzić. Taka cechę nazywamy kluczem głównym,
6. doprowadzenie bazy danych do trzeciej postaci normalnej: wartości wszystkich cech danego procesu bezpośrednio zależą od klucza. Należy zidentyfikować wszystkie cechy, które nie zależą od klucza głównego tabeli i przenieść do innej tabeli,
7. czwarta postać normalna: jeżeli istnieje zależność między atrybutami, należy te atrybuty przenieść do innej tabeli,
8. po opracowaniu wszystkich tabel na należy opracować diagram związków pomiędzy tabelami (diagram ERD).



Rys. 5. Diagram ERD modelu danych [7]



Projektując tabele dla procesu skrawania jako tabelę wyjściową przyjęto zapisy dotyczące procesów skrawania i procesu pomiarowego. Zwykle normalizację tabel realizuje się aż do osiągnięcia trzeciej postaci normalnej:

- pierwszą postać normalną osiągnięto po zastąpieniu list parametrów przez tabele zawierające opisy: operacji, zabiegów, wyposażenia technologicznego, parametrów docelowych i parametrów obróbkowych,
- do drugiej postaci normalnej tabele zostały sprowadzone poprzez dodanie kluczy głównych,
- tabele będą w trzeciej postaci normalnej gdy z tabeli opisujących proces zostaną usunięte informacje nie związane bezpośrednio z procesem (np. o pracownikach i narzędziach) i przeniesione do innych tabel. Nazwy kolumn należy zastąpić odwołaniami do tych tabel,
- tabele będą w czwartej postaci normalnej, gdy nie istnieją nietrywialnie zależności pomiędzy atrybutami tabeli.

Na rys. 5 pokazano diagram ERD (Entity Relationship Diagram) pozwalający na graficzne przedstawienie związków w opracowanym modelu danych pomiędzy procesami skrawania a procesami pomiarowymi. Kreskami zaznaczono elementy wymagalne, kółkami elementy opcjonalne.

## 5. WNIOSKI

Metodyka projektowania modelu danych wykorzystująca podejście procesowe pozwala na zbudowanie modelu danych uwzględniającego wszystkie cechy istotne dla analizowanego procesu. W pracy zbudowano model danych dla procesu skrawania i procesu pomiarowego. Procesy powiązано za pomocą modelu danych zawierającego informacje o procesie skrawania i procesie pomiarowym. Wymiary docelowe, które są sprawdzane w procesie pomiarowym, uzyskiwane są w wyniku operacji skrawania. Wykorzystując opracowany model danych można nadzorować proces skrawania za pomocą technik SPC korzystając z systemu informatycznego jako źródła danych do analizy statystycznej procesu [7].

## LITERATURA

- [1] DIETRICH E., SCHULZE A., *Metody statystyczne w kwalifikacji środków pomiarowych, maszyn i procesów produkcyjnych*, Warszawa, Notika System, 2000.
- [2] FELD M., *Podstawy projektowania procesów technologicznych typowych części maszyn*, Warszawa, WNT, 2012.
- [3] HERNANDEZ M.J., *Bazy danych dla zwykłych śmiertelników*, Warszawa, Mikom, 2000.
- [4] JEMIELNIAK K., *Obróbka skrawaniem, OWPW, Warszawa, 1998.*
- [5] SAŁACIŃSKI T., *SPC - Statystyczne sterowanie procesami produkcji*, Warszawa, OWPW, 2009.
- [6] SAŁACIŃSKI T., *SPC - Statistical process control*, Warszawa, OWPW, 2015.
- [7] [www.statsoft.pl](http://www.statsoft.pl), *Co nowego w wersji 12 Statistica*, Statsoft, 2015.