

Andrzej Świątoniowski\*, Ryszard Gregorzyc\*

## **Analiza jakości systemu przepływu informacji w oparciu o metodykę Six Sigma**

### **1. Wprowadzenie**

Istotą współczesnych systemów produkcyjnych jest ogólne dążenie do integracji wszystkich prac związanych z projektowaniem, wytwarzaniem, planowaniem i organizacją produkcji w jeden efektywny – komputerowo zintegrowany – system wytwarzania CIM (*Computer Integrated Manufacturing*).

Osiągnięcie wszystkich potencjalnych korzyści wynikających z wdrożenia takiego systemu jest uzależnione od wielu czynników, spośród których coraz to bardziej znaczącą rolę odgrywa przepływ informacji.

Odnosi się to w równym stopniu do problemów związanych z budową i zarządzaniem bazami danych – a stąd dostępu i szybkości otrzymywanych z nich informacji – jak i strumienia bieżących uzgodnień i poleceń przebiegającego przez wszystkie szczeble organizacji danej firmy. Jest to szczególnie istotne w odniesieniu do światowych, a działających także w naszym kraju, korporacji zatrudniających często dziesiątki tysięcy pracowników w swych zakładach zlokalizowanych na kilku kontynentach.

Przedstawione powyżej uwarunkowania rodzą nowe, nieznane wcześniej bądź niewystępujące z takim natężeniem problemy jak przypisanie każdemu z pracowników właściwego mu poziomu dostępu do informacji, sekwencji ich otrzymywania, a wreszcie i podejmowania decyzji.

Zagadnienia te łączą się z koncepcjami dotyczącymi tzw. „inteligentnych inżynierskich baz danych” bezpośrednio kreowanych i uaktualnianych w procesie wytwarzania.

Koncepcje te przewidują opracowywanie programu – generatora określonego środowiska projektowego (*design environment*). W takim podejściu wpływ na przyjęcie określonych rozwiązań mają zarówno koncepcje personelu technicznego, jak i informacje pozyskane od producentów dostawców zewnętrznych czy wreszcie wymagania określone stanem prawnym (normy).

---

\* Katedra Systemów Wytwarzania, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

Z drugiej strony prawo do podejmowania decyzji nie ogranicza się jedynie do problemu modyfikacji baz danych lecz odnosi się głównie do bieżącej działalności produkcyjnej.

W tym ujęciu organizacja i zarządzanie procesem informacji zwłaszcza w odniesieniu do tak newralgicznych zagadnień jak szybkość jej przekazu (determinująca czas podejmowania decyzji), brak zakłóceń i przekłamań, a wreszcie zabezpieczenie przed osobami niepowołanymi, staje się istotnym elementem jakości całego procesu wytwórczego.

Tym samym taki proces może być traktowany jako swoisty proces produkcyjny i jako taki analizowany celem uzyskania maksymalnej jego efektywności.

## **2. Przedmiot i metodyka analizy**

Przedmiotem analizy jest ocena i wskazanie dróg poprawy jakości standardowego procesu przepływu informacji pomiędzy branżowymi biurami projektowymi pewnej korporacji, zespołem koordynującym, działem finansowym i kierownictwem projektu. W ogólnym przypadku jednostki te mogą być zlokalizowane w różnych krajach, a nawet kontynentach, i stąd pracować w różnych strefach czasowych.

Analizę przeprowadzono, posługując się metodyką Six Sigma. W kolejnych jej etapach zebrane dane poddano analizie statystycznej, tworząc raporty jakości procesu oraz jakości produktu, za który w tym ujęciu należy uważać decyzję o zatwierdzeniu przedmiotowego projektu i skierowaniu go do realizacji.

Wybór metodyki postępowania znajduje swe uzasadnienie w treści licznych publikacji [1, 2, 3] opisujących pozytywne efekty finansowe wdrażania podejścia Six Sigma w szeregu tak znaczących w gospodarce światowej firm jak General Electric, Alstom, ABB, Boeing, Xerox, czy Delphi Automotive System.

Pozostaje to w zgodności z podstawowymi założeniami metody, w myśl których „jakość nie może kosztować,” a odbiorca otrzymuje coraz to lepszy produkt przy rosnącym zysku wytwórcy. W takim ujęciu wdrażanie metodyki Six Sigma jawi się zarówno jako program doskonalenia jakości, jak i mierzony zyskiem program poprawy efektywności.

## **3. Sekwencje czasowe badanego procesu przekazu informacji**

Proces projektowania jest realizowany dziś w postaci równolegle przebiegających działań szeregu zespołów odpowiedzialnych za mechaniczne układy robocze maszyn i urządzeń, systemy ich napędu, a wreszcie układy kontroli i sterowania. Tworzone przez poszczególne zespoły warianty rozwiązań konstrukcyjnych są po ich wyspecyfikowaniu według pewnego przyjętego porządku przesyłane drogą elektroniczną do zespołu koordynującego. Wybrane warianty branżowe podlegają akceptacji. Procedury specyfikacji i przesyłki oraz akceptacji proponowanych wariantów obejmują tu dwie sekwencje czasowe. Ko-

lejnymi po przekazaniu zaakceptowanego wariantu do działu finansowego są: rejestracja projektu, analiza czasowa i określenie kosztów. Ostatecznie – wciąż z użyciem drogi elektronicznej (np. sieci intranetowej) – projekt wraz odpowiadającą mu częścią ekonomiczną zostaje przesłany do kierownictwa projektu, i tam po ostatecznym zatwierdzeniu skierowany do realizacji.

Informacje o zakończeniu tego cyklu są kierowane do poszczególnych branżowych zespołów projektowych.

Uwzględniając zewnętrzne warunki pracy firmy, uznaje się, że wymagany czas przebiegu opisanego procesu, jeżeli wziąć pod uwagę także różnice stref czasowych, nie powinien przekroczyć 96 godzin. Przekroczenie tego terminu jest też odpowiednio wadą produktu.

#### **4. Pomiar i analiza procesu zgodnie z metodyką Six Sigma**

Analizę procesu przeprowadzono zgodnie z zasadami obowiązującymi w metodyce Six Sigma, oszacowując minimalny rozmiar próbki na 169.

Jest to reprezentatywna liczba dla populacji liczącej 2000 osób. W pierwszym etapie pracy udało się zebrać próbkę liczącą 238, dzięki czemu został zminimalizowany czas gromadzenia danych oraz błędy systemu pomiarowego. Biorąc pod uwagę 95-procentowy poziom istotności, oszacowany został przedział istotności  $\pm 6,5\%$ .

Dla poszczególnych etapów procesu wyznaczono znaczniki czasowe zbierane z dokładnością co do sekundy. Tam, gdzie było to wymagane, zostały one następnie przeliczone na minuty, godziny lub dni.

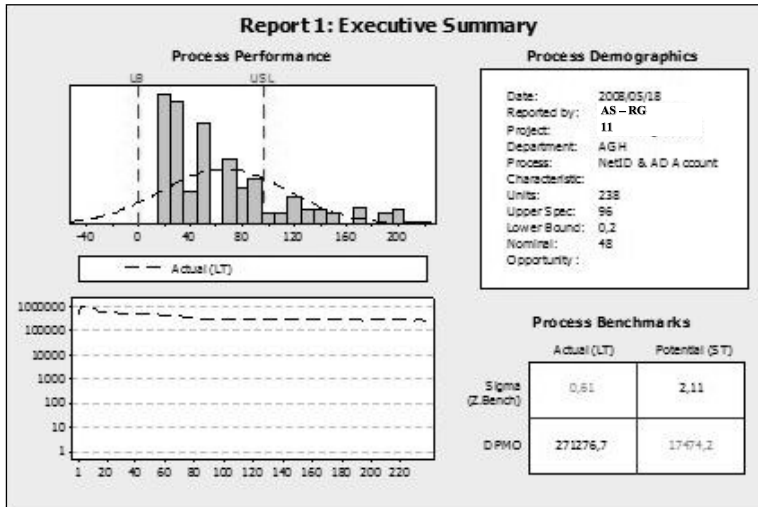
Procedurę doskonalenie procesu rozpoczęto od obszarów jego najniższej jakości, tak aby podejmowane działania naprawcze mogły przynieść największe efekty przy najmniejszym nakładzie kosztów. Uzyskanie poprawy jakości powyżej *Five Sigma* wymagało tu posłużenia się statystyczną analizą danych zebranych podczas obserwacji. Posłużono się w tym celu pakietem MINITAB Statistical Software.

Zbiór zebranych danych opisano wykorzystując obok miar położenia i zmienności także i miary informujące o kształcie rozrzutu – skośność i kutozę.

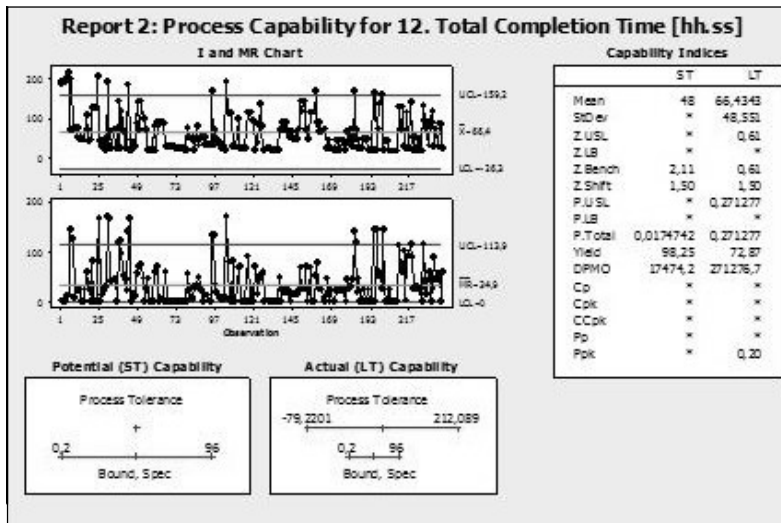
Analizowane działania i odpowiadające im sekwencje czasowe pozostają w znacznym stopniu uzależnione od wpływu czynnika ludzkiego. Stąd też zgodnie z ogólną prawidłowością w tym zakresie wykazują asymetryczny, prawoskośny rozkład prawdopodobieństwa. W tej sytuacji w miejsce standardowo stosowanego w ocenie zdolności procesu rozkładu normalnego, którego użycie mogłoby stać się przyczyną znacznego przekłamania, posłużono się w badaniach rozkładem Weibulla.

##### **4.1. Jakość procesu**

Jakość procesu w okresie zbierania informacji oceniono sporządzając raport wyznaczający *Sigmę* procesu, w stosunku do liczby defektów. Tak uzyskane wyniki zilustrowano graficznie na rysunkach 1 i 2.



Rys. 1. Raport podsumowujący proces zatwierdzenia projektu i skierowania go do realizacji



Rys. 2. Raport zdolności procesu zatwierdzenia projektu i skierowania go do realizacji

Powyższy raport odzwierciedla słabą wydajność procesu. Zgodnie z założeniami czas jego realizacji nie powinien przekroczyć 96 h. W rzeczywistości 75% przebiegów jest poniżej 91,7 h, a średni czas trwania procesu wynosi 66,43 h. Jednak wcale nie oznacza to, że proces przebiega poprawnie, ponieważ aktualnie ponad 27% wszystkich procesów trwa dłużej niż 96 h. Tak więc na milion przebytych procesów istnieje możliwość wystąpienia aż

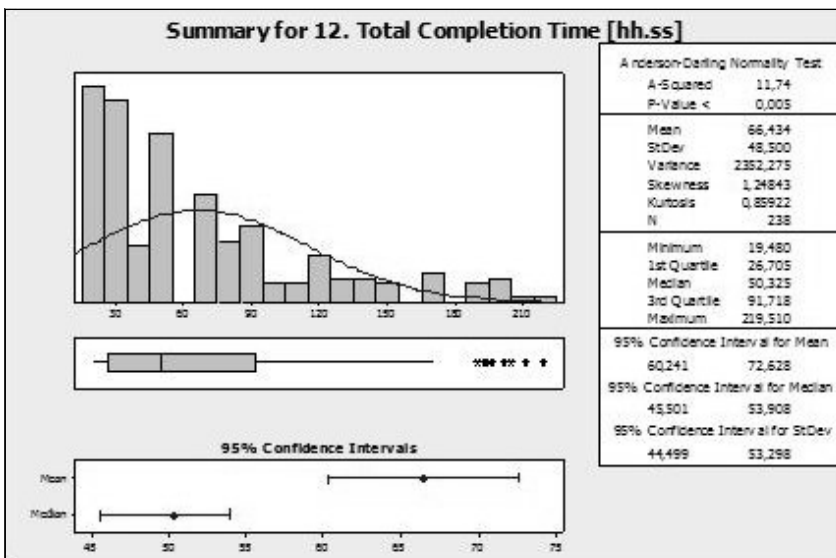
271276,7 wad, a *Sigma* procesu wynosi tylko 0,61. W procesie długoterminowym można przypuszczać, że *Sigma* wzrośnie do 2,11. Celem projektu Six Sigma jest uzyskanie 3,4 wad na milion możliwości, tak więc proces dalece odbiega odżądanego poziomu sześciu *Sigm*.

#### 4.2. Analiza statystyczna najważniejszych działań (sekwencji) procesu

W celu pogłębienia i lepszej identyfikacji problemu przeprowadzono analizę statystyczną poszczególnych działań (sekwencji czasowych) procesu, aby w dalszej kolejności na wykresie Pareto przedstawić ich rozkład. Miało to na celu zidentyfikowanie tych działań, które najbardziej istotnie wpływają na czas podjęcia decyzji (rys. 3).

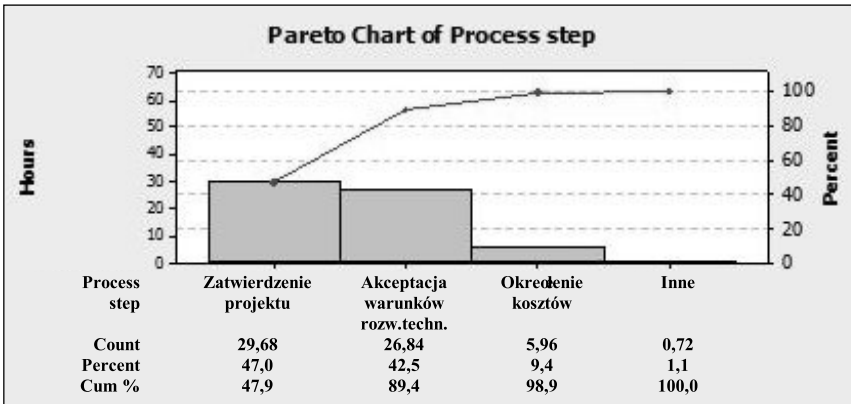
Z analizy wynikają następujące wnioski

- proces jest poza kontrolą,
- odchylenie standardowe: 48,50 godziny,
- średnia/mediana mają wartość 66,43/50,32 godziny,
- trzeci kwarty wynosi 91,71 godziny,
- zaobserwowany wskaźnik PPM > USL (części na milion powyżej górnego limitu specyfikacji) wynosi 201681,
- w obecnej konfiguracji jest niemożliwe, aby proces osiągnął żądane kryteria.

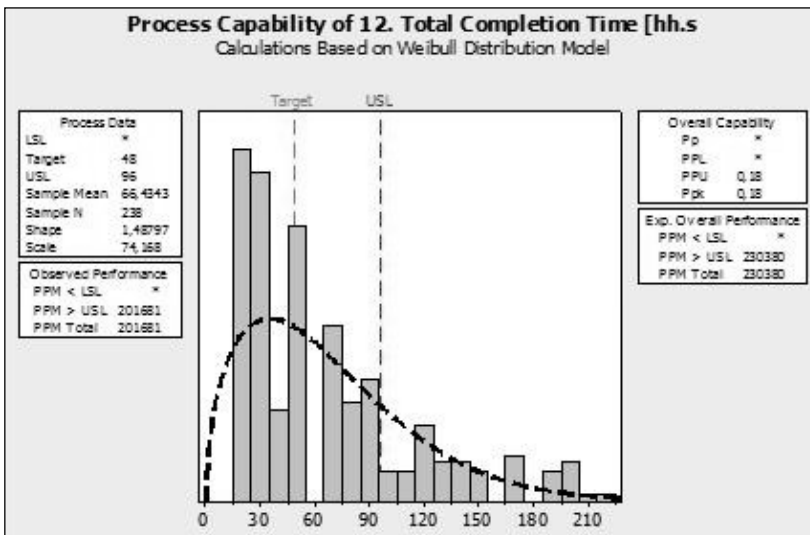


Rys. 3. Graficzne podsumowanie procesu zatwierdzenia projektu i skierowania go do realizacji

Stwierdzono, że dwie sekwencje „Zatwierdzenie projektu i skierowanie go do realizacji” oraz „Akceptacja wariantów rozwiązań technicznych” zajmują prawie 90% całego cyklu przekazu informacji (rys. 4, 5).



Rys. 4. Wykres Pareto poszczególnych działań wchodzących w skład procesu zatwierdzenia projektu i skierowania go do realizacji dwa podprocesy zajmują prawie 90% całego czasu



Rys. 5. Zdolność procesu zatwierdzenia projektu i skierowania go do realizacji

Okazało się przy tym, że sekwencja „Akceptacja wariantów rozwiązań technicznych” jest nie tylko jedną z dwóch najdłużej trwających ale również negatywnie wpływa na pozostałe sekwencje procesu.

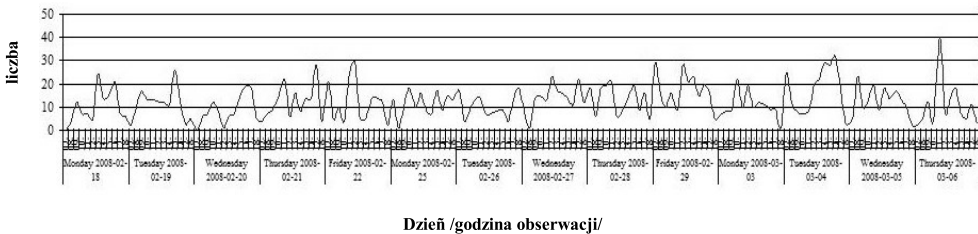
### 4.3. Analiza widmowa szeregów czasowych

Przedstawione powyżej uwarunkowania skłoniły do poddania procesu „Akceptacja wariantów rozwiązań technicznych” dalszej szczegółowej analizie. Podstawą jej były ilości

zgłoszonych oraz wybranych wariantów rozwiązań w okresie badań obejmującym czternaście dni roboczych. Wobec faktu, iż poszczególne zespoły rozpoczynały i kończyły pracę z pewnym przesunięciem czasowym zdecydowano się objąć obserwacją dwunastogodzinny dzień pracy. Tak zebrane dane posłużyły do utworzenia z nich dwu szeregów czasowych odpowiednio dla projektów zgłoszonych i pozytywnie przyjętych – wybranych (rys. 6 i 7). Przy charakteryzującej je zmienności szeregi te mogą być opisane jako złożenie funkcji sinus i kosinus.



Rys. 6. Szereg czasowy zgłoszonych warunków rozwiązań technicznych



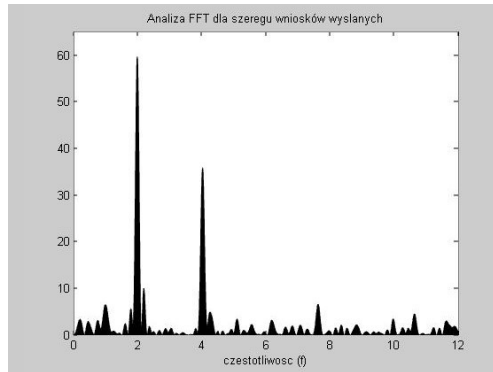
Rys. 7. Szereg czasowy wybranych (zaakceptowanych) warunków rozwiązań technicznych

Przyjmując za jednostkę analizy dzień pracy począwszy od godziny 7:00 do 19:00 i zliczając co godzinę liczby zgłaszanych/zaakceptowanych wariantów, otrzymujemy dla pełnego cyklu częstotliwość  $f = 12$  i okres  $T = 1/f = 0,0833$ .

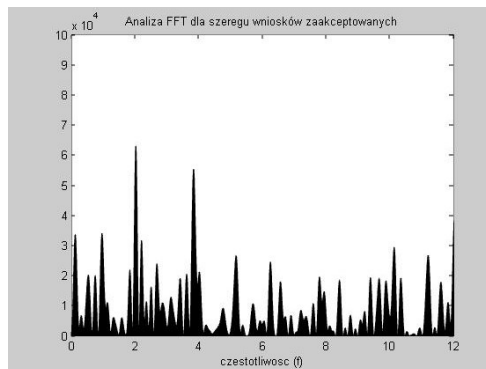
Szeregi te poddano analizie widmowej w oparciu o szybką transformatę Fouriera FFT, przyjmując częstość próbkowania  $F_s = 2/0,0833$ . Otrzymane wyniki przedstawiono na rysunkach 8 i 9.

Analiza Fouriera szeregów zgłaszanych/zaakceptowanych wariantów rozwiązań wykazała istotne różnice w realizacji tych procesów w czasie. Stwierdzono, że kumulacja zgłoszeń przypada na drugą i czwartą godzinę pracy, natomiast ich akceptacja odbywa się w sposób bardziej regularny.

Wynika stąd, iż zwiększenie wydajności przedmiotowych działań wymagałoby okresowego zwiększenia liczebności zespołu oceniającego bądź też pracujące w nim osoby powinny w szczytowych godzinach być zwolnione od innego rodzaju działalności. Pozwoliłoby to przez skrócenie czasu tej sekwencji na zwiększenie efektywności całego procesu.



**Rys. 8.** Analiza widmowa szeregu wariantów zgłoszonych Dominujące częstotliwości 2 oraz 4 są tożsame z drugą oraz czwartą godziną pracy



**Rys. 9.** Analiza widmowa szeregu wariantów zaakceptowanych

Analiza taka pozostaje zbieżna z zasadami ekonometrii.

Powinna ona być prowadzona w sposób ciągły – „just-in-time” dla wszystkich opisanych powyżej działań, a jej wyniki wykorzystane jako parametry wejściowe do wnioskowania o tychże działaniach – w ten sposób koło Deminga zostaje zamknięte.

## 5. Podsumowanie

Wyniki badań uwidoczniły problemy związane z przekazem informacji pomiędzy równoległe pracującymi zespołami projektowymi w przypadku gdy ze względu na swą lokalizację znajdują się one w różnych strefach czasowych. Stwierdzono, iż przekaz informacji w firmie może być potraktowany jako swoisty proces produkcyjny, a jego jakość oszacowana przy zastosowaniu metodyki Six Sigma.



Taka analiza pozwala na zidentyfikowanie obszarów o niskiej jakości i podjęcie stosownych działań naprawczych.

W rozpatrywanym przypadku byłoby to obok stosowanej dotąd sieci intranetowej wprowadzenie dodatkowego kanału komunikacyjnego

### **Literatura**

- [1] Pande P.S., Neuman R.P., Cavanagh R.R., *Six Sigma. Sposób poprawy wyników nie tylko dla firm takich jak GE czy Motorola*. Wydawnictwo K.E. Liber S.C., Warszawa 2003.
- [2] Harry M., Schroeder R., *Six Sigma – wykorzystanie programu jakości do poprawy wyników finansowych*. Oficyna Wydawnicza, Kraków 2001.
- [3] Lock D., *Podręcznik zarządzania jakością*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002.
- [4] Amir A.D., *Statystyka w zarządzaniu*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000.
- [5] Czarski A., *Six Sigma – algorytm doskonalenia D-M-A-I-C*. Praktyczne aspekty jakości i produktywności, TQM-SOFT s.c., Kraków 2005.