

**ZARZĄDZANIE PROCESAMI  
PRODUKCYJNYMI  
W PRZEDSIĘBIORSTWIE**





# **ZARZĄDZANIE PROCESAMI PRODUKCYJNYMI W PRZEDSIĘBIORSTWIE**

**Redakcja:  
Marek Janczarek**

**LUBLIN 2011**

## **RECENZENCI:**

**Dr hab. inż. Jerzy Lipski, prof. nadzw.**

**Dr hab. inż. Antoni Świć, prof. nadzw.**

**Opracowanie redakcyjne: mgr Tomasz Kusz**

**Wydanie publikacji dofinansowane przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego**

**© Copyright by  
Lubelskie Towarzystwo Naukowe  
Lublin 2011**

Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości lub fragmentu niniejszej publikacji w jakiegokolwiek postaci jest zabronione.

Wykonywanie kopii metodą kserograficzną, fotograficzną, a także kopiowanie książki na nośniku filmowym, magnetycznym lub innym powoduje naruszenie praw autorskich niniejszej publikacji.

Wszystkie znaki występujące w tekście są zastrzeżonymi znakami firmowymi bądź towarowymi ich właścicieli.

**ISBN 978-83-62-025-12-1**

**WYDAWCA:** Lubelskie Towarzystwo Naukowe  
Plac Litewski 2, 20-080 Lublin

**DRUK:** Wydawnictwo-Drukarnia „Liber-Duo”  
ul. Długa 5, 20-346 Lublin

# SPIS TREŚCI

|                                                                                                                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>MAREK KĘSY</b><br>Techniki planowania i sterowania produkcją .....                                                                                                                                        | 7  |
| <b>ELŻBIETA MAŁYSZEK</b><br>Międzyorganizacyjne systemy informacyjne w efektywnym zarządzaniu łańcuchem dostaw – istota, znaczenie i wdrażanie .....                                                         | 21 |
| <b>MARCIN ZEMCZAK, DAMIAN KRENCZYK</b><br>Koncepcja szeregowania zleceń produkcyjnych dla systemu produkcji wielowersyjnej i wieloasortymentowej .....                                                       | 34 |
| <b>BOŻENA SKOŁUD, DAMIAN KRENCZYK, KRZYSZTOF KALINOWSKI, CEZARY GRABOWIK</b><br>Wspomaganie zarządzania produkcją w małych i średnich przedsiębiorstwach z zastosowaniem systemów SWZ, KbRS i PROEDIMS ..... | 43 |
| <b>KRZYSZTOF KUJAN</b><br>Skuteczność statystycznych procedur w kontroli i ocenie jakości geometrycznej .....                                                                                                | 55 |
| <b>KRZYSZTOF KUJAN</b><br>Nowa koncepcja systemu kontroli jakości geometrycznej w inżynierii produkcji .....                                                                                                 | 64 |
| <b>TOMASZ GORECKI</b><br>EMAS w zakładzie przemysłowym .....                                                                                                                                                 | 72 |
| <b>JAROSŁAW ZUBRZYCKI, ŁUKASZ SOBASZEK</b><br>Modelowanie matematyczne zagadnień inżynierskich w Matlabie .....                                                                                              | 82 |
| <b>PIOTR BERNAT</b><br>Zarządzanie przedsiębiorstwem produkcyjnym ze wspomaganie komputerowym .....                                                                                                          | 95 |

# Techniki planowania i sterowania produkcją

## Wprowadzenie

Uwarunkowania cywilizacyjne oraz wymogi gospodarki rynkowej powodują, że o efektywności działalności gospodarczej decyduje racjonalność podejmowanych decyzji nie tylko na poziomie strategicznym i taktycznym, ale również operacyjnym. W przedsiębiorstwach produkcyjnych efektywność planowania i sterowania produkcją decyduje o poziomie organizacji procesów wytwarzania, co skutkuje m.in. racjonalnym wykorzystaniem posiadanych zasobów. W procesach wytwarzania jakakolwiek decyzja wymusza zazwyczaj konieczność ponoszenia znaczących kosztów, które powstają na skutek zaangażowania zasobów produkcyjnych w postaci: sprzętu technicznego, personelu, materiałów, zużytej energii, usług obcych itp.

Złożoność procesów gospodarczych, przy jednoczesnej ich „turbulencji” powodują, że systemy produkcyjne funkcjonujące w warunkach rynkowej konkurencji, wykazywać muszą dużą elastyczność technologiczną [7]. Możliwości maszyn i urządzeń technologicznych generują konieczność wykorzystania właściwych metod i technik z zakresu organizacji i zarządzania procesami wytwarzania, wskazując zarazem na znaczenie procedur planowania i sterowania produkcją.

Wzrastająca złożoność realizowanych procesów gospodarczych, coraz większa szybkość zmian wymuszona przez przemiany cywilizacyjne oraz rynkową konkurencję powodują, iż w zakresie procesów zarządzania (procesy decyzyjne) oraz procesów realnego działania (procesy wytwarzania), niezbędne staje się szybkie przetwarzanie coraz większych ilości różnorodnych danych oraz posługiwanie się wieloprzekrojową informacją. Procedury z zakresu zarządzania procesami wytwarzania wspomagane są współcześnie przez sprzęt i oprogramowanie informatyczne. Ich aplikacyjna użyteczność oparta jest w dużym stopniu o zdefiniowane algorytmy stanowiące informatyczną formę zapisu wiedzy oraz procedur optymalizacyjnych.

### 1. Planowanie i sterowanie produkcją

Zakres i stopień szczegółowości planowania i sterowania produkcją uzależniony jest od aktualnej sytuacji przedsiębiorstwa, jego poziomu technicznego i organizacyjnego. Planowanie produkcji sprowadza się do ustalenia programu działań, harmonogramu prac wytwórczych oraz zapotrzebowania na zasoby produkcyjne.

Opracowane plany produkcyjne wskazują zadania do realizacji. W obszarze zarządzania produkcją szczególnie istotne są: plany zagregowane, plany produkcji oraz plany operacyjne. Opracowanie tych planów jest szczególnie istotne w warunkach systemu produkcyjnego działającego w zmiennym, często nieprzewidywalnym otoczeniu, w którym „luksus” ustabilizowanej produkcji rytmicznej jest nierealny [8]. Z kolei przez sterowanie produkcją rozumie się działania zmierzające do wykonania zaplanowanych zadań i uzyskania określonych efektów ekonomicznych. Planowanie i sterowanie produkcją nie może odbywać się według przypadkowych reguł, musi być oparte na określonych metodach i algorytmach postępowania. Efektywność procedur sterowania produkcją uzależniona jest w dużej mierze od szczegółowości planowania operatywnego, którą rozpatrywać można w aspekcie wykorzystywanych w czasie zasobów produkcyjnych (przedmiotów oraz środków pracy).

Do prawidłowego określenia, jakimi zadaniami produkcyjnymi i w jakich jednostkach czasu obciążone zostaną stanowiska produkcyjne służą harmonogramy operacyjne. Ich tworzenie stanowi ważny etap zarządzania produkcją, od którego zależy sposób rozplanowania wykonywania poszczególnych zadań w czasie.

Harmonogramowanie produkcji można zdefiniować jako problem wyznaczenia takiego rozdziału w czasie i przestrzeni dostępnych zasobów produkcyjnych, który zapewni wykonanie zadań produkcyjnych przy najlepszym wykorzystaniu tych zasobów. Kryteria optymalności harmonogramu produkcji reprezentują kompromis pomiędzy wcześniejszym lub późniejszym wykonaniem zadań oraz kosztami utrzymywania zapasów lub braku zapasów, a kosztami zbyt częstych zmian asortymentu produkcji [9].

Brak „stabilizacji” wytwórczej powoduje, iż plany produkcyjne ulegają częstym korektom wynikającym głównie z konieczności dokonania zmian w obciążeniu stanowisk produkcyjnych. Może to być m.in. wynikiem napływu nowego priorytetowego zlecenia, zakłócenia wynikającego z awarii obrabiarki itd., co powoduje konieczność tworzenia harmonogramów wykazujących cechy dynamicznej zmienności [2, 6].

## **2. Techniki planowania i sterowania produkcją**

Jednym z podstawowych zadań procedur planowania i sterowania operatywnego procesami produkcji jest wyznaczenie kolejności realizacji zleceń produkcyjnych z określonego zbioru oczekujących. Z pozoru wydawać się może, że problematyka ustalenia kolejności wykonania jest prosta do rozwiązania. W rzeczywistości jednak jest to zagadnienie wieloaspektowe, określone przez m.in. różnorodną i zmienną w czasie liczbę realizowanych zleceń, ograniczenia wytwórcze systemu produkcji, brak możliwości zmiany kolejności wykonania operacji.

Tego typu zmiennych i zakłóceń jest w rzeczywistości bardzo dużo, dlatego też racjonalne ekonomicznie planowanie i sterowanie procesami produkcji w systemach realnie funkcjonujących jest zagadnieniem złożonym [5].

Decydowanie o kolejności wykonania zadań produkcyjnych w systemach lub operacji na stanowiskach produkcyjnych jest jednym z podstawowych zagadnień sterowania przepływem produkcji. Decyzje dotyczące kolejności wykonania wyrobów i operacji na poszczególnych stanowiskach podejmuje się m.in. w trakcie bieżącego przydziału operacji do stanowisk. Wybór wyrobu lub operacji spośród ich zbioru, które oczekują na wykonanie lub zostają przyjęte do realizacji bez względu na przyjęte kryterium jest nadaniem zadaniu lub operacji najwyższego stopnia pilności, czyli priorytetu [2]. Planowanie obciążeń stanowisk produkcyjnych odbywa się przez bardziej lub mniej świadome, sukcesywne nadawanie priorytetów zadaniom i (lub) operacjom produkcyjnym.

W praktyce planowanie i sterowanie procesami produkcji oparte są o różnego rodzaju metody optymalizacyjne – ścisłe lub przybliżone, o różnym stopniu złożoności i aplikacyjnej formalizacji. Do najczęściej stosowanych zaliczyć można łatwe w praktycznym zastosowaniu metody takie jak np. reguły priorytetu lub algorytmy optymalizacyjne. Konieczność uzyskania rozwiązań optymalnych wymusza zastosowanie bardziej pracochłonnych i złożonych metod ścisłych, do których zaliczyć można m.in. metodę podziału i ograniczeń. Z kolei wykorzystanie możliwości obliczeniowych współczesnego sprzętu komputerowego wskazuje na możliwość aplikacyjną metod kombinatorycznych, jak np. metodyka algorytmów genetycznych. W procesie planowania i sterowania procesami produkcji wykorzystać można również metody oparte o teorię programowania sieciowego. Przykładem jej praktycznego zastosowania w zakresie modelowania i analizy funkcjonowania złożonych systemów produkcyjnych pracujących w trybie wielostadialnym gniazdowym, może być m.in. wykorzystanie grafów dysjunktywnych [9].

### **3. Harmonogramowanie produkcji**

W artykule zaprezentowano możliwość wykorzystania wybranych metod optymalizacyjnych w zakresie ustalenia racjonalnej kolejności realizacji zadań produkcyjnych. Obliczenia przeprowadzone zostały dla przypadku sekwencyjnej pracy systemu produkcyjnego pracującego w trybie wielostadialnym przepływowym, dla przyjętych statycznych warunków produkcji oraz zamkniętego zbioru oczekujących na wykonanie zadań produkcyjnych.

W procesie ustalenia optymalnej kolejności realizacji zadań produkcyjnych wykorzystano:

- metodę podziału i ograniczeń,
- algorytm optymalizacyjny Johnsona,
- metodykę algorytmów genetycznych.



Zastosowanie wymienionych metod odniesiono do prostego problemu ustalenia kolejności wykonania 4 zadań produkcyjnych oczekujących na wykonanie w przedmiotowym gnieździe produkcyjnym, (rys.3.1).



**Rys. 3.1. Schemat pracy systemu produkcyjnego**

Poszczególne zadania produkcyjne charakteryzują się jednakowymi lub podobnymi sekwencjami wykorzystywanych środków pracy, zaś elementami różnicującymi i jednocześnie stanowiącymi podstawę obliczeń są czasy obciążenia poszczególnych stanowisk  $t_{ij}$ , których wartości przedstawiono w tabeli 3.1.

**Tabela 3.1. Czasy obciążenia stanowisk wytwórczych pracujących w gnieździe produkcyjnym,  $t_{ij}$  [godz.]**

| $Z_i \downarrow - S_j \rightarrow$ | S1 | S2 | S3 |
|------------------------------------|----|----|----|
| Z1                                 | 1  | 7  | 5  |
| Z2                                 | 2  | 14 | 0  |
| Z3                                 | 4  | 16 | 20 |
| Z4                                 | 8  | 32 | 0  |

Kolejność wykonania zadań produkcyjnych ustalana była względem wyznaczonej funkcji celu  $F_c$ , która stanowiła podstawę prowadzonych obliczeń oraz podstawowe kryterium oceny uzyskanych wyników.

Przyjętą w procedurach optymalizacyjnych funkcją celu była całkowita długość cyklu produkcyjnego  $T$  gniazda, który określono jako odstęp czasu pomiędzy momentem rozpoczęcia realizacji pierwszego zadania a momentem zakończenia ostatniego zadania w systemie produkcji. W założeniach analitycznych przyjęto ponadto kryterium minimalizacji funkcji celu.

$$F_c = T = t_{z_n} - t_{r_1} \rightarrow \min$$

gdzie:  $T$  – długość cyklu produkcyjnego (funkcja celu  $F_c$ ),

$t_{z_n}$  – czas zakończenia realizacji ostatniego zadania produkcyjnego,

$t_{r_1}$  – czas przyjęcia do realizacji pierwszego zadania produkcyjnego.

Analiza skuteczności optymalizacyjnej oparta została na sekwencyjnie wyznaczanych terminach realizacji, określonych na podstawie ustalonych czasów rozpoczęcia i zakończenia poszczególnych operacji produkcyjnych

realizowanych w ramach określonego zadania. Wyznaczenie sekwencji czasów określone zostało według poniższych zależności [4]:

$$tr_{ij} = \max(tz_{(i-1)j}; tz_{i(j-1)})$$
$$tz_{ij} = tr_{ij} + t_{ij}$$

gdzie:  $tr_{ij}$ ,  $tz_{ij}$  – terminy rozpoczęcia i zakończenia j-tej operacji i-tego zadania produkcyjnego,

$t_{ij}$  – czas obciążenia j-tego stanowiska wytwórczego związany z realizacją i-tego zadania produkcyjnego.

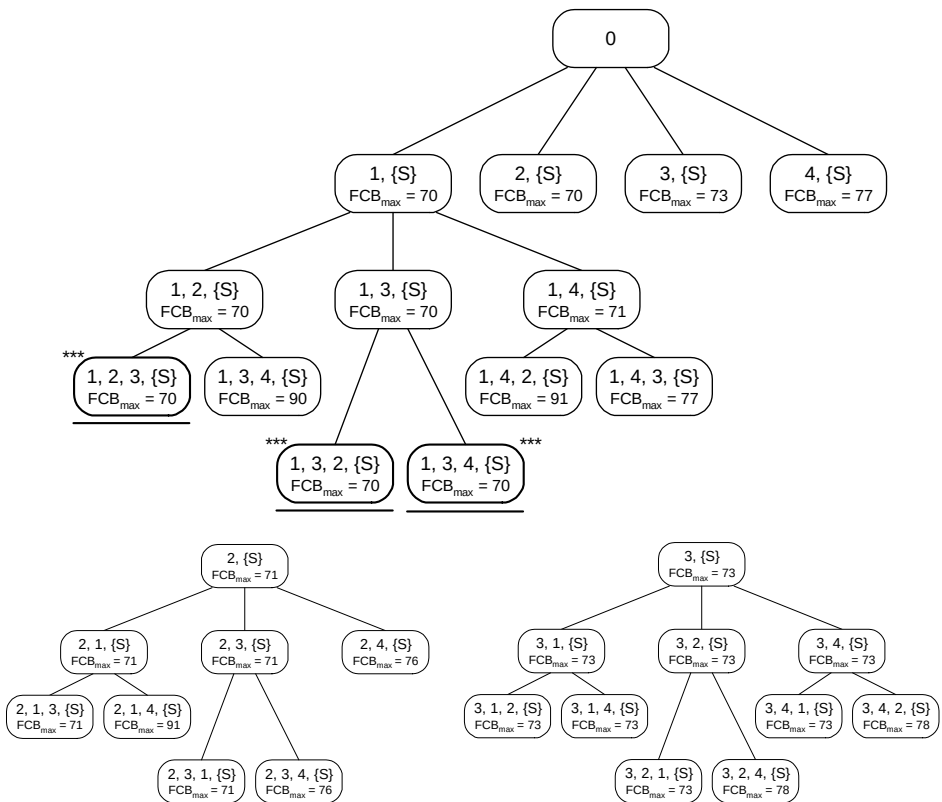
Sekwencja wyznaczonych terminów rozpoczęcia  $tr_{ij}$  i zakończenia  $tz_{ij}$  operacji produkcyjnych stanowiła podstawę sporządzenia wykresu obciążenia środków wytwórczych w postaci wykresu Gantt'a.

### 3.1. Metoda podziału i ograniczeń

Metoda podziału i ograniczeń zaliczana jest do grupy metod analitycznych, pozwalających na wyznaczenie optymalnego rozwiązania względem określonej funkcji celu [6]. Dla dyskretnych zadań decyzyjnych jest podstawową i zarazem uniwersalną metodą ich rozwiązania [9]. Pozwala skonstruować rozwiązanie problemu optymalizacji drogą systematycznego przeglądu drzewa rozwiązań. Istota tej metody polega na dzieleniu zbioru lub pewnego podzbioru rozwiązań na mniejsze podzbiory i odrzuceniu podzbiorów rozwiązań nie zawierających rozwiązania optymalnego. Postępowanie takie jest kontynuowane do chwili znalezienia podzbioru zawierającego optymalny wariant rozwiązania [1].

Zasadnicze wady metody podziału i ograniczeń wiążą się z dużą złożonością obliczeniową, pracochłonnością oraz długim czasem obliczeń. W metodzie podziału i ograniczeń zachodzą sytuacje, w których pragmatycznie odrzuca się zasadę pełnego przeglądu zbioru rozwiązań dopuszczalnych na korzyść przeglądu sterowanego. Przyjęte reguły eliminacji umożliwiają znaczne zmniejszenie nakładów obliczeniowych, nie gwarantując jednak uzyskania rozwiązania optymalnego.

Poniżej zaprezentowano drzewo rozwiązań będące efektem prowadzonego przeglądu sterowanego. W zakresie sposobu wyznaczenia oszacowań kresów dolnych funkcji celu wykorzystano metodę postępowania przedstawioną w pracy [9]. Analiza uzyskanych oszacowań kresów dolnych funkcji celu w pierwszym etapie procedury, wskazała możliwość rezygnacji z dalszego przeglądu wariantów kolejności wykonania rozpoczętych przez zadanie Z4. Dla pozostałych wariantów dokonano przeglądu pełnego, (rys.3.2).



**Rys. 3.2. Drzewo rozwiązań w metodzie podziału i ograniczeń**

Wykorzystanie metody podziału i ograniczeń wskazało, iż istnieją trzy różne optymalne warianty ustalonej kolejności wykonania zleceń produkcyjnych, równoznaczne względem przyjętej funkcji celu, tzn:

W1: Z1 – Z2 – Z3 – Z4,

W2: Z1 – Z3 – Z2 – Z4,

W3: Z1 – Z3 – Z4 – Z2.

Poza metodą podziału i ograniczeń w rozwiązaniu zagadnień dotyczących ustalenia optymalnej kolejności wykonania zleceń produkcyjnych zastosować można mniej pracochłonne metody. Do najbardziej znanych metod znajdujących zastosowanie w rozwiązywaniu zagadnień przepływowych należą m.in. algorytmy optymalizacyjne oraz algorytmy genetyczne.

### 3.2. Algorytm Johnsona

Do rozwiązania problemów kolejnościowych zastosować można metody analityczne, które pozwalają na sporządzenie harmonogramu produkcji na podstawie mniej lub bardziej złożonego algorytmu optymalizacyjnego.

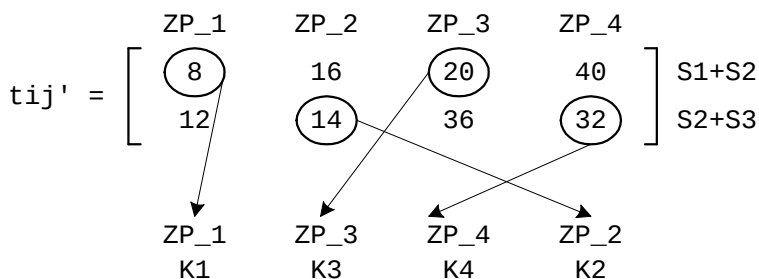
Ze względu na złożoność obliczeniową wymagają one zazwyczaj przyjęcia uproszczeń w modelu matematycznym, które z kolei decydują o ich efektywności i skuteczności optymalizacyjnej. Do najbardziej znanych algorytmów optymalizacyjnych zaliczyć można m.in.: algorytm Johnsona, Palmera i Gupty [2].

Wielomianowe algorytmy gwarantujące wyznaczenie rozwiązania optymalnego, opracowane zostały jedynie dla prostych przypadków jedno- i dwumaszynowych. Poniżej zaprezentowano możliwość wykorzystania zmodyfikowanej postaci algorytmu Johnsona, którego zastosowanie powinno określić sekwencję kolejnościową o najkrótszej rozpiętości czasu pomiędzy rozpoczęciem pierwszego procesu i zakończeniem ostatniego [10, 11].

Algorytm Johnsona składa się z 4-ech etapów [11]:

1. utworzenie listy z wykazem realizowanych zadań i czasów ich wykonania na każdym stanowisku,
2. identyfikacja operacji produkcyjnej o najkrótszym, nie uwzględnionym poprzednio, czasie wykonania,
3. ustalenie kolejności wykonania:
  - a) w przypadku, gdy zidentyfikowana operacja realizowana jest na stanowisku 1-szym, należy zaplanować jej wykonanie możliwie najwcześniej, bez zmian w kolejności wykonania operacji już zaplanowanych,
  - b) w przypadku, gdy zidentyfikowana operacja realizowana jest na stanowisku 2-gim, należy zaplanować jej wykonanie możliwie najpóźniej, bez przesuwania żadnych prac wcześniej zaplanowanych,
4. procedura identyfikacji oraz ustalenia kolejności wykonania powtarzana jest do momentu rozplanowania wszystkich zadań, z jednoczesnym pomijaniem zadań wcześniej rozplanowanych.

Wykorzystanie algorytmu Johnsona w zakresie ustalenia kolejności wykonania zadań dla rozpatrywanego problemu przedstawiono poniżej, (rys.3.3).

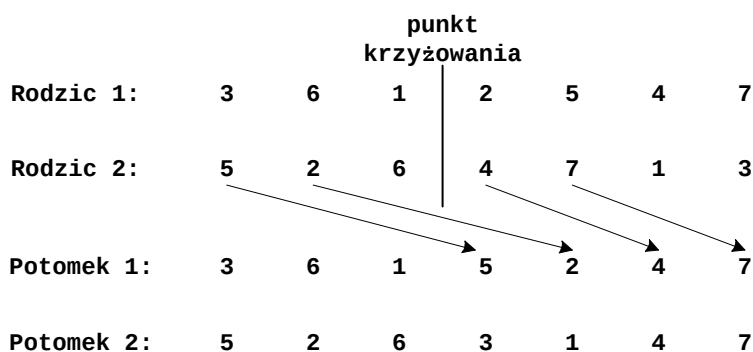


**Rys. 3.3. Ustalenie kolejności wykonania zadań produkcyjnych według zasad algorytmu Johnsona**

Sprowadzając pracę systemu trójmaszynowego do układu dwumaszynowego, analizując strukturę czasów umownych operacji produkcyjnych obciążających poszczególne stanowiska systemu otrzymano następującą sekwencję kolejności wykonania zleceń produkcyjnych: Z1 – Z3 – Z4 – Z2. Uzyskane rozwiązanie jest jednym z trzech rozwiązań optymalnych wskazanych przez metodę podziału i ograniczeń.

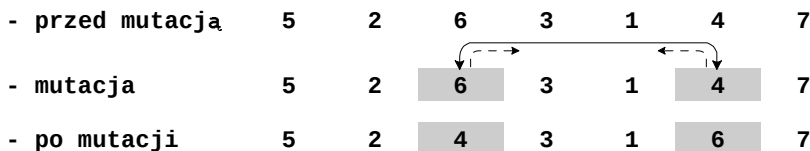
### 3.3. Algorytmy genetyczne

Stosowane metody sztucznej inteligencji bazują na założeniu naśladowania działań istot żywych, jak np. tzw. inteligencji roju (algorytmy mrówkowe) lub nauki o genetyce (algorytmy genetyczne). Algorytmy genetyczne stanowią próbę wykorzystania mechanizmów znanych z teorii ewolucji żywych organizmów oraz nauki o genetyce do poszukiwania optymalnych rozwiązań stworzonych przez człowieka problemów. Procedurę poszukiwania rozwiązania i analizy uzyskanego zbioru możliwości można porównać do mechanizmów dostosowawczych zachodzących w populacji organizmów żywych. Przypisując poszczególnym rozwiązaniom ich indywidualne oceny przystosowania do postawionych warunków, można stymulować procesy ewolucyjne reprodukując w kolejnych „pokoleniach” lepsze spośród rozwiązań, eliminując natomiast te, które słabo spełniają zadane kryteria. W teorii algorytmów genetycznych zakłada się, że rozwiązanie problemu decyzyjnego nie jest nierozdzieloną całością, lecz sumą pewnych elementów składowych. Pozwala to na wzbogacenie ewolucyjnej reguły „silniejszy wygrywa” o analogię do procesu reprodukcji kodu genetycznego, a konkretnie o możliwość zestawiania ze sobą idei cząstkowych i otrzymywania w ten sposób innowacyjnych rozwiązań rozpatrywanego problemu. Od strony technicznej wymaga to przyjęcia sposobu przekształcania konkretnego rozwiązania w jednoznacznie je identyfikujący ciąg kodowy. Tak zdefiniowane ciągi kodowe można poddawać przetwarzaniu, otrzymując tą drogą inne ciągi reprezentujące nowe rozwiązania [10].



Rys. 3.4. Zasada funkcjonowania operatora krzyżowania porządkowego

W procedurze wyznaczenia kolejności realizacji zadań produkcyjnych za pomocą algorytmu genetycznego, ciąg kodowy tworzą liczby będące przypisanymi do zadań numerami identyfikacyjnymi. Specyfika ciągu kodowego powoduje konieczność zastosowania operatora krzyżowania porządkowego, który gwarantuje jednoznaczność interpretacyjną tworzonych ciągów liczbowych (rys.3.4). W procedurze tworzenia ciągów kodowych zastosowano również operator mutacji ciągów kodowych (rys.3.5), [6].



**Rys. 3.5. Operator mutacji ciągów kodowych**

W efekcie zastosowania procedury algorytmów genetycznych generowana jest w kolejnych sekwencjach obliczeniowych lista ciągów kodowych z ustaloną losowo kolejnością realizacji zadań. Wyznaczone wartości funkcji celu w zakresie analizowanej sekwencji obliczeniowej stanowią podstawę wyboru rodziców dla następnego pokolenia. Ciągi rodziców poddane są operacji genetycznej krzyżowania. Powstałe w ich wyniku ciągi następnego pokolenia podlegać mogą, ze zdefiniowanym prawdopodobieństwem wystąpienia, operacjom mutacji.

Przykładowe zestawienie obliczeń aplikacji obliczeniowej wykorzystującej metodykę algorytmów genetycznych prezentuje rys.3.6.

|             |                          |
|-------------|--------------------------|
| Iteracja 8  |                          |
| Rodzic 1:   | 2 1 3 4 , wartość Fc: 71 |
| Rodzic 2:   | 3 2 1 4 , wartość FC: 73 |
| *****       |                          |
| Potomek 1:  | 3 4 1 2 , wartość Fc: 73 |
| Potomek 2:  | 2 3 1 4 , wartość Fc: 71 |
| Potomek 3:  | 3 1 2 4 , wartość Fc: 73 |
| Potomek 4:  | 2 1 4 3 , wartość Fc: 91 |
| Potomek 5:  | 4 3 2 1 , wartość Fc: 82 |
| Potomek 6:  | 1 4 2 3 , wartość Fc: 91 |
| Potomek 7:  | 4 3 1 2 , wartość Fc: 81 |
| Potomek 8:  | 1 4 3 2 , wartość Fc: 77 |
| Potomek 9:  | 1 4 3 2 , wartość Fc: 77 |
| Potomek 10: | 4 3 1 2 , wartość Fc: 81 |

**Rys. 3.6. Procedura wyznaczenia kolejności wykonania zadań produkcyjnych wykorzystująca metodykę algorytmów genetycznych**

Każda z sekwencji obliczeniowych wskazuje najkorzystniejsze względem funkcji celu uszeregowania, których wybiórcze zestawienie przedstawione zostało na rys.3.7.

|                   |                         |
|-------------------|-------------------------|
| <b>Iteracja 1</b> |                         |
| Dla ciągu:        | 1 3 2 4, wartość Fc: 70 |
| Dla ciągu:        | 3 2 1 4, wartość Fc: 73 |
| <b>Iteracja 2</b> |                         |
| Dla ciągu:        | 1 2 3 4, wartość Fc: 70 |
| Dla ciągu:        | 2 3 1 4, wartość Fc: 71 |
| <b>Iteracja 3</b> |                         |
| Dla ciągu:        | 1 3 4 2, wartość Fc: 70 |
| Dla ciągu:        | 2 3 1 4, wartość Fc: 71 |
| <b>Iteracja 4</b> |                         |
| Dla ciągu:        | 1 3 4 2, wartość Fc: 70 |
| Dla ciągu:        | 2 3 1 4, wartość Fc: 71 |

**Rys. 3.7. Przegląd „najlepszych” rozwiązań w poszczególnych iteracjach obliczeniowych**

Kompleksowy przegląd „najlepszych” par rozwiązań („rodzice” dla kolejnego pokolenia), wskazuje na istnienie trzech optymalnych sekwencji kolejności wykonania zleceń, o jednakowej wartości funkcji celu  $F_c = 70$ . Otrzymane rozwiązania wykazują pełną zgodność z wynikami uzyskanymi w metodzie podziału i ograniczeń.

#### 4. Ocena efektywności metod planowania produkcji

Wyznaczona kolejność realizacji zadań stanowiła podstawę określenia terminów rozpoczęcia i zakończenia operacji produkcyjnych, które z kolei były podstawą sporządzenia wykresu obciążenia stanowisk wytwórczych (wykresu Gantt’a).

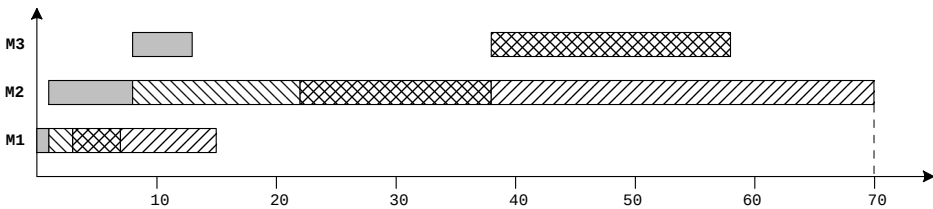
Przykładową prezentację opracowania wyników, dla wyznaczonej kolejności realizacji zadań produkcyjnych Z1 – Z3 – Z4 – Z2, przedstawiono poniżej (rys.4.1, 4.2).

$$t_{ij} = \begin{bmatrix} \text{ZP\_1} & \text{ZP\_3} & \text{ZP\_4} & \text{ZP\_2} \\ \begin{bmatrix} 1 & 4 & 8 & 2 \\ 7 & 16 & 32 & 14 \\ 5 & 20 & 0 & 0 \end{bmatrix} & \begin{matrix} \text{M1} \\ \text{M2} \\ \text{M3} \end{matrix} \end{bmatrix}$$

$$tr_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 5 & 13 \\ 1 & 8 & 24 & 56 \\ 8 & 24 & 56 & 70 \end{bmatrix} \begin{matrix} M1 \\ M2 \\ M3 \end{matrix}$$

$$tz_{ij} = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 13 & 15 \\ 8 & 24 & 56 & 70 \\ 13 & 44 & 56 & 70 \end{bmatrix} \begin{matrix} M1 \\ M2 \\ M3 \end{matrix}$$

**Rys. 4.1. Sekwencja czasów rozpoczęcia i zakończenia operacji produkcyjnych dla wyznaczonej kolejności realizacji zadań produkcyjnych**



**Rys. 4.2. Wykres Gantt'a dla wyznaczonej kolejności realizacji zadań produkcyjnych**

Zastosowanie metody podziału i ograniczeń oraz algorytmów genetycznych pozwoliło wyznaczyć trzy równoznaczne (względem przyjętej funkcji celu) sekwencje kolejności realizacji zadań. Z kolei zastosowanie algorytmu Johnsona wskazało rozwiązanie ze zbioru trzech sekwencji optymalnych.

Uzyskanie alternatywnych względem przyjętej funkcji celu rozwiązań wskazuje, iż naturalnym wydaje się pogłębienie uzyskanych wyników o wielokryterialną weryfikację ich efektywności użytkowej. Weryfikacja efektywności wyznaczonych rozwiązań przeprowadzona została przy pomocy metody ELEKTRA [3]. Przyjętymi do oceny kryteriami (tabela 4.1) były wyznaczone wskaźniki czasowe charakteryzujące pracę sytemu produkcyjnego, tj [6, 12]:

- długość harmonogramu produkcji  $T$  – zastosowana w procedurach optymalizacyjnych funkcja celu,
- średnia długość cykli produkcyjnych  $C_{\text{śr}}$ ,
- wskaźnik średniego wydłużenia cykli produkcyjnych  $V_{\text{śr}}$ ,
- średni czas oczekiwania zadań produkcyjnych na obróbkę  $W_{\text{śr}}$ .



**Tabela 4.1. Wskaźniki oceny efektywności metod planowania**

| Realizacja zadań |                   | Kryteria oceny |       |       |      |
|------------------|-------------------|----------------|-------|-------|------|
| wariant          | kolejność         | T              | Cśr   | Vśr   | Wśr  |
| W1               | Z1 – Z2 – Z3 – Z4 | 70             | 40,75 | 1,495 | 16   |
| W2               | Z1 – Z3 – Z2 – Z4 | 70             | 41,25 | 1,514 | 14   |
| W3               | Z1 – Z3 – Z4 – Z2 | 70             | 45,75 | 1,679 | 22,5 |

Efektywność eksploatacyjną wyznaczonych wariantów oparto o tzw. relacje przewyższenia zbioru przyjętych do oceny kryteriów (wskaźników czasowych). W ustaleniu realizacji przewyższenia przyjęto symetrię ocen zróżnicowania, rezygnując jednocześnie z uwzględnienia progów wrażliwości decyzyjnej (istotności wyznaczonych różnic) dla par porównywanych kryteriów.

**Tabela 4.2. Relacje przewyższenia wariantów decyzyjnych**

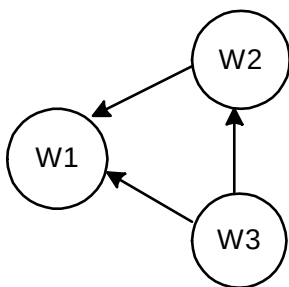
| L (.,.) | W1 | W2 | W3 | G (.,.) | W1 | W2 | W3 |
|---------|----|----|----|---------|----|----|----|
| W1      | x  | 2  | 3  | W1      | x  | 1  | 0  |
| W2      | 1  | x  | 3  | W2      | 2  | x  | 0  |
| W3      | 0  | 0  | x  | W3      | 0  | 0  | x  |

| L - G | W1 | W2 | W3 |
|-------|----|----|----|
| W1    | x  | 1  | 3  |
| W2    | -1 | x  | 3  |
| W3    | 0  | 0  | x  |

Przedstawione w tabeli 4.2 zestawienia prezentują uzyskane relacje przewyższenia. Graf L określa liczbę kryteriów, według których wariant decyzyjny  $W_i$  wykazuje korzystniejsze własności względem wariantu  $W_j$ . Graf G zawiera relacje przeciwne, zaś zestawienie (L – G) określa wynikowe relacje przewyższenia.

Wyniki uporządkowania zbioru przyjętych do oceny kryteriów, na podstawie wynikowo ustalonych relacji przewyższenia (L – G), zaprezentowano w postaci diagramu Haasego, (rys.4.3).



**Rys. 4.3. Relacje przewyższenia wariantów kolejności realizacji zadań produkcyjnych w ujęciu diagramu Haasego**

Zastosowana metoda wielokryterialnej oceny efektywności uzyskanych wariantów wykonania zadań produkcyjnych wskazała, iż w zakresie analizowanych kryteriów czasowych charakteryzujących pracę gniazda, najbardziej racjonalną jest kolejność realizacji: Z1 – Z2 – Z3 – Z4.

## **Wnioski**

Przedstawione możliwości wybranych metod planowania procesów produkcji w zakresie prostego przypadku ustalenia kolejności realizacji zadań w gnieździe produkcyjnym, uzyskane wyniki oraz prowadzona ocena ich użytkowej efektywności, pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

- w procedurach planowania i sterowania produkcją wykorzystać można dużą liczbę różnorodnych metod optymalizacyjnych. Metody te wykazują różnorodność w zakresie złożoności, pracochłonności oraz efektywności optymalizacyjnej;
- praktyczne wykorzystanie określonej metody lub grupy metod poprzedzone musi być o analizę stopnia użyteczności dla konkretnych warunków panujących w warunkach rzeczywistych;
- operowanie jednym kryterium celu może powodować uzyskanie rozwiązania optymalnego lub zbliżonego do optymalnego jedynie względem analizowanego kryterium, nie dając jednocześnie gwarancji uzyskania optymalnej efektywności pracy systemu produkcji. Efektywność uzyskanych wyników oparta być powinna o wielokryterialną ocenę. Jednoczynnikowe kryteria oceny mogą być niewystarczające.

## **LITERATURA**

1. Banaszak Z., Muszyński W., *Systemy elastycznej automatyzacji dyskretnych procesów produkcyjnych*, Wrocław, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, 1991.
2. Brzeziński M., *Sterowanie produkcją*, Lublin, Wydawnictwo Liber, 2001.
3. Ignasiak E. (red.), *Badania operacyjne*, Warszawa, PWE, 2001.

4. Jasiński Z.(red.), *Zarządzanie produkcją*, Wrocław, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. O. Langego, 1993.
5. Kęsy M., Tubielewicz K., *Algorytmy genetyczne w inżynierii produkcji*, [w:] Przegląd Mechaniczny, nr 11, 2009, s.18 – 22.
6. Knosala R. i zespół, *Zastosowanie sztucznej inteligencji w inżynierii produkcji*, Warszawa, WNT, 2002.
7. Lis S., Santarek K., Strzelczak S., *Organizacja elastycznych systemów produkcyjnych*, Warszawa, PWN, 1994.
8. Pająk E., *Zarządzanie produkcją*, Warszawa, PWN, 2006.
9. Sawik T., *Badania operacyjne dla inżynierów zarządzania*, Kraków, Wydawnictwo Akademii Górniczo - Hutniczej, 1998.
10. Sikora W. (red.), *Badania operacyjne*, Warszawa, PWE, 2008.
11. Waters D., *Zarządzanie operacyjne*, Warszawa, PWN, 2001.
12. Wróblewski K.J. i inni, *Reguły priorytetu w sterowaniu przepływem produkcji*, Warszawa, WNT, 1984.

## TECHNIKI PLANOWANIA I STEROWANIA PRODUKCJA

### Streszczenie

Przedstawiono możliwość zastosowania metod optymalizacyjnych, prezentując to na przykładzie problematyki planowania procesów wytwarzania. Zaprezentowano możliwości wybranych technik planowania i sterowania produkcją tj.: metody analityczne (metoda podziału i ograniczeń, algorytm Johnsona), oraz metody metaheurystyczne (algorytmy genetyczne).

### Słowa kluczowe

System produkcyjny, planowanie i sterowanie produkcją, harmonogramowanie, optymalizacja.

## MANUFACTURING SCHEDULING TECHNIQUES

### Abstract

An usability of selected optimization methods in manufacturing schedule has been presented. An usability of some selected scheduling techniques as analytical methods (a partitions and bounds method and an optimization algorithm) and a metaheuristic method (a generic algorithm's method) has been described.

### Informacja o autorze:

dr inż. Marek Kęsy (e-mail: [mar\\_kes@poczta.onet.pl](mailto:mar_kes@poczta.onet.pl))  
 Politechnika Częstochowska  
 Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki  
 Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji  
 42 – 201 Częstochowa, al. Armii Krajowej 21

## **Międzyorganizacyjne systemy informacyjne w efektywnym zarządzaniu łańcuchem dostaw – istota, znaczenie i wdrażanie**

### **Wstęp**

Zarządzanie łańcuchem dostaw (*SCM - Supply Chain Management*) to integracja dostawców, wytwórców, dystrybutorów i innych uczestników łańcucha dostaw w celu produkcji i dystrybucji towarów we właściwej ilości, do właściwych lokalizacji i we właściwym czasie, przy jednoczesnej minimalizacji kosztów oraz maksymalizacji obsługi i zadowolenia odbiorców [7].

Szybko zmieniający się rynek globalny sprawia, iż efektywne SCM staje się obecnie koniecznością. SCM jest koncepcją umożliwiającą firmom poprawę osiąganych wyników i zdobycie przewagi konkurencyjnej, lecz jej wdrożenie wymaga ścisłej współpracy wśród uczestników łańcucha oraz koordynacji podejmowanych przez nich decyzji i działań. W celu otrzymania efektywnej koordynacji firmy muszą rozwijać przepływy informacji w całym łańcuchu dostaw poprzez wprowadzanie odpowiednich rozwiązań informatycznych.

Rozpoznaawszy wagę informacji w efektywnym SCM, wiele organizacji podejmuje próbę wdrożenia międzyorganizacyjnych systemów informacyjnych. Międzyorganizacyjny system informacyjny (*IOS – Inter-Organizational Information System*) to zintegrowany system przetwarzania i przesyłania danych, używany przez dwie (lub więcej) odrębne organizacje. IOS jest postrzegany jako system ułatwiający wymianę informacji, a tym samym integrację i koordynację działań pomiędzy przedsiębiorstwami. Niemniej jednak IOS pełni nie tylko rolę platformy technologicznej, ale jego wpływ na efektywne SCM jest dużo wyższy.

Niniejszy artykuł rozpoczyna się przedstawieniem istoty SCM oraz głównych zasad i czynników oddziałujących na jego efektywność. W dalszej kolejności scharakteryzowano IOS oraz jego główne typy występujące w praktyce SCM. Zasadniczą część artykułu koncentruje się na znaczeniu IOS w SCM oraz zasadach jego udanego wdrażania, gdyż wdrażanie IOS w kontekście SCM wciąż napotyka na szereg trudności i w wysokim stopniu różni się od wdrażania konwencjonalnych systemów IT.

## **Efektywne zarządzanie łańcuchem dostaw**

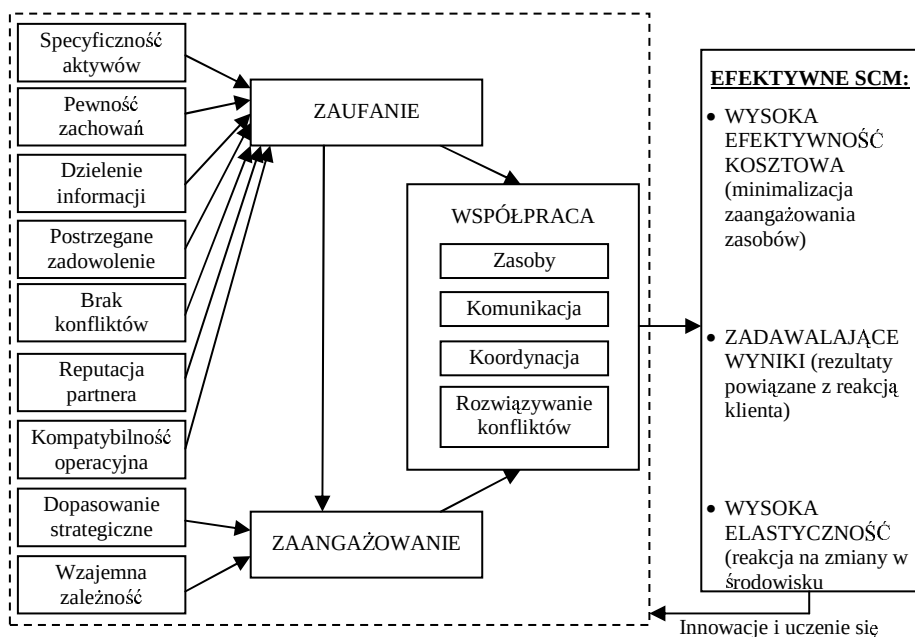
Koncepcja SCM przechodziła przez kolejne etapy ewolucji. Współczesny „nowy” łańcuch dostaw jest charakteryzowany jako strategiczny (wzmocnia zdolność firmy do tworzenia i utrzymywania strategicznej przewagi na konkurencyjnym rynku), dynamiczny (ciągle ewoluuje jako rezultat zmian w firmie, działań konkurencji, zmian w technologii oraz w potrzebach klientów) i kierowany klientem (skupia się na proponowaniu wartości wysoce atrakcyjnej dla klientów). Współczesny łańcuch dostaw musi być stale doskonalony i optymalizowany, aby funkcjonować efektywnie i w rezultacie sprawnie reagować na niepewności dostaw i zmienność popytu [4].

Efektywność SCM wiąże się z minimalizacją kosztów, maksymalizacją szybkości reakcji, maksymalizacją elastyczności oraz optymalizacją jakości. Efektywny łańcuch dostaw jest zręczny (zdolny do szybkiej reakcji na zmiany) i adaptacyjny (zdolny do przekształceń), a cele i interesy wszystkich uczestników są spójne. Łańcuch dostaw musi być zatem odpowiednio zaprojektowany i opierać się na przywództwie jakości, koncentracji na kliencie oraz strategicznym partnerstwie. Dodatkowo powinien działać jako system ssący popyt klientów i wykorzystywać zintegrowane systemów informatyczne [7].

Efektywność SCM jest pojęciem trudnym do zdefiniowania. Może być ona oceniana z perspektywy dynamiki systemu (opóźnienia, niedobory zapasów), operacyjnej (poziom obsługi klienta, koszty jednostkowe), logistyki (czas i cykl realizacji zamówienia, poziom zapasów), marketingu (zadowolenie odbiorcy, koszty dystrybucji, udział w rynku), organizacji (koszty transakcyjne, elastyczność) i strategii (czas wejścia na rynek, zwrot z inwestycji) [7].

Rezultaty SCM można oceniać także poprzez efektywność kosztową (np. koszty dystrybucji, produkcji, zapasów, zwrot z inwestycji), wyniki (np. zysk, sprzedaż, niezawodność dostaw, czas reakcji na potrzeby klienta, błędy wysyłki, skargi klienta) oraz elastyczność (np. elastyczność systemu operacyjnego, rynku, logistyczna, zaopatrzenia, organizacyjna i systemu informacyjnego). Osiągane rezultaty powinny być oceniane przez trzy wymiary: wymiar celów (czy cele są osiągnięte i czy są odpowiednie), porównania (czy wyniki są dobre w świetle wyników konkurencji) oraz przyczyn (czy wyniki są osiągnięte dzięki integracji i koordynacji działań w łańcuchu dostaw) [5].

Niezbędnym warunkiem efektywnego SCM jest współpraca partnerów, która powinna obejmować wspólną ocenę wyników, wymianę informacji, koordynację działań, synchronizację decyzji, rozdzielanie kosztów i korzyści oraz integrację realizowanych procesów [9]. Współpraca w decydującym stopniu uzależniona jest od rozwoju zaufania i zaangażowania. Zaangażowanie budowane jest głównie na wzajemnym zaufaniu, to natomiast jest tworzone poprzez spójne i przewidywalne zachowanie partnerów. Czynniki wpływające na poziom zaufania i zaangażowania oraz ich powiązanie i wpływ na współpracę oraz efektywność SCM przedstawione są na rysunku 1.



**Rys. 1. Model czynników efektywnego SCM [opr. własne na podstawie [5]]**

Zaufanie i zaangażowanie stanowią bazę dla efektywnej współpracy, ta natomiast polega na skutecznej komunikacji w celu koordynacji działań i optymalizacji wykorzystania zasobów oraz na umiejętnym rozwiązywaniu ewentualnych konfliktów. Komunikacja wymaga głównie wymiany informacji (m.in. o produktach, transakcjach, sprzedaży, popycie, zapasach, zasobach i wynikach działania). Międzyorganizacyjne systemy informacyjne są zatem zasadnicze dla efektywnego SCM, gdyż dostarczają infrastruktury dla efektywnej wymiany informacji wspierającej procesy biznesowe. Dzięki możliwości automatycznego gromadzenia, bieżącego przekazywania i analizy danych w zasadniczym stopniu wspierają jakość informacji, a tym samym umożliwiają podejmowanie skoordynowanych decyzji w odpowiednim czasie.

### **Międzyorganizacyjne systemy informacyjne**

IOS to zintegrowany system przetwarzania i przesyłania danych, używany przynajmniej przez dwie organizacje. Organizacje te wykorzystują elektroniczne połączenia komputerowe w celu automatyzacji operacji wcześniej wykonywanych ręcznie lub przy użyciu poczty elektronicznej.

Pojęcie IOS zostało oficjalnie wprowadzone we wczesnych latach 80-tych i oznaczało automatyczny system informacyjny wspólny dla dwóch lub więcej firm. W latach 90-tych adaptacja IOS stała się już strategiczną koniecznością i liczba organizacji wdrażających te systemy zwiększyła się bardzo wyraźnie.

IOS zaczęto definiować wówczas jako system informacyjny łączący firmę z jej klientami i/lub dostawcami w celu usprawnienia wymiany produktów i usług. Po roku 2000 zwiększające się zastosowanie Internetu doprowadziło do rozwoju handlu elektronicznego B2B, a powszechna dostępność sieci umożliwiła wdrażanie IOS także przez małe organizacje. W okresie tym IOS zaczęto definiować jako oparty na sieci system informacyjny, który rozwija się poza tradycyjnymi granicami przedsiębiorstwa i umożliwia dostęp do informacji innych organizacji [1].

W ewolucji systemów IOS można wyróżnić cztery fazy [10]:

- **Faza I - systemy ręczne.** W fazie tej dokumenty (np. zamówienia, oferty, faktury) przechowywano w formie papierowej, a informację do systemów komputerowych wprowadzano ręcznie.
- **Faza II - systemy EDI.** W fazie tej wiele dokumentów papierowych zastąpiono elektronicznym przekazem informacji. Wczesne systemy EDI oparte były na sieciach VAN, dlatego były kosztowne i stosowane głównie przez duże firmy. Dodatkowe były mało elastyczne w zakresie zmiany połączonych partnerów. Druga generacja EDI, Internet EDI, pokonała wady wczesnych systemów. Obecnie firmy są zdolne do wykorzystywania EDI poprzez instalację translatorów XML EDI na serwerze sieciowym, i w rezultacie EDI może być stosowane także przez małe firmy (niskie koszty wdrożenia i utrzymania systemu oraz wysoka elastyczność).
- **Faza III - systemy ERP.** W fazie tej zintegrowano i skoordynowano operacje IT w przedsiębiorstwie. Systemy ERP integrują informację z wszystkich działów firmy i w rezultacie ulepszają jakość przepływu informacji w jej obrębie. Systemy ERP mogą być rozwinięte i obejmować partnerów biznesowych poprzez zastosowanie oprogramowania SCM.
- **Faza IV - systemy oparte na Internecie.** W fazie tej utworzono systemy dostarczające szybkiej i niezawodnej komunikacji pomiędzy partnerami handlowymi (m.in. aukcje, giełdy, grupy nabywcze oraz elektronicznych agentów). Systemy te mogą być wykorzystywane w celu wyszukiwania najkorzystniejszych ofert, przeprowadzania transakcji oraz wymiany informacji przy koordynowaniu przepływu towaru po jego zakupie.

Celem adoptowania IOS jest wprowadzenie skomputeryzowanej komunikacji z partnerami handlowymi. Typowy system składa się z platformy treści (systemu konwertującego dane firmy na standardowe dane w formacie rozpoznawanym przez IOS), platformy dostawczej (sieci wykorzystywanej do transmisji danych) oraz bazy partnerów handlowych (skonwertowane dane są dostarczane partnerom do ich baz danych). Wyodrębnione elementy umożliwiają analizę względnej otwartości IOS i wyodrębnienie trzech generacji tych systemów: zamkniętych systemów własnościowych (np. *ASAP – Analytical Systems Automated Purchasing*), częściowo otwartych systemów (np. EDI) oraz standardowo otwartych systemów (np. IOS oparte na Internecie) [1].

W zależności od relacji pomiędzy partnerami handlowymi systemy IOS można podzielić na trzy kategorie IOS [7]:

- **Elektroniczne pary** – każdy dostawca (odbiorca) wprowadza indywidualne, bilateralne połączenie transakcyjne z każdym z grupy odbiorców (dostawców) dla wyrobu lub usługi. Taki system znajduje zastosowanie w sytuacji, gdy odbiorca nabywa określony produkt (produkty) od grupy preferowanych dostawców.
- **Systemy wielostronne** – działają jako pośrednik pomiędzy firmą i jej partnerami. Systemy tego typu są stosowane w sytuacji, gdy odbiorca za każdym razem może dokonywać zakupu u innego dostawcy i w celu dokonania wyboru każdorazowo przeszukuje rynek. Wyróżnia się tutaj elektroniczne rynki (umożliwiają komunikację pomiędzy wieloma dostawcami i odbiorcami) oraz nagłaśniające systemy sprzedaży (tworzone przez dostawcę/odbiorcę w celu porównywania ofert odbiorców/dostawców).
- **Elektroniczny monopol** – wspiera pojedynczą relację dla produktu lub grupy produktów. Jest to szczególny przypadek systemu elektronicznych par. System tego typu jest odpowiedni dla sytuacji, gdy odbiorca zawsze nabywa określony produkt od pojedynczego, stałego dostawcy.

Stosownie do poziomu wewnętrznej integracji systemów informacyjnych w firmie oraz ich zewnętrznej integracji z systemami partnerów w łańcuchu dostaw, systemy IOS można sklasyfikować na trzy typy [10]:

- **Elementarne IOS** – w firmie istnieje wiele różnych wewnętrznych systemów IT, które nie są ze sobą zintegrowane lub poziom integracji jest bardzo niski. Występuje także brak zewnętrznej integracji z systemami partnerów. IOS postrzegany jest jako narzędzie operacyjne (zastosowanie tylko do transakcji). Słaba współpraca partnerów stwarza możliwość działania firm w kierunku realizacji tylko ich własnych celów i korzyści.
- **Pośrednie IOS** – w firmie może istnieć kilka wewnętrznych systemów IT. Systemy te są jednak ze sobą zintegrowane, ale wciąż brakuje ich integracji z zewnętrznymi systemami partnerów. IOS wspiera komunikację z partnerami, a współpraca występuje na poziomie operacyjnym i taktycznym (transakcje, raportowanie, planowanie). Pomimo wzrostu integracji i zaufania pomiędzy partnerami wskutek zwiększonej komunikacji i współpracy, wciąż istnieje możliwość działania firm w kierunku realizacji tylko ich własnych celów.
- **Zaawansowane IOS** – w firmie może istnieć kilka wewnętrznych systemów IT, które są zintegrowane ze sobą oraz z systemami partnerów. Informacja jest postrzegana jako kluczowy zasób, a IOS pozwalają partnerom sterować dostępem do rozległych informacji. Współpraca występuje na poziomie operacyjnym, taktycznym i strategicznym (m.in. transakcje, raportowanie,



planowanie, segmentacja partnerów, skoordynowane podejmowanie decyzji). Firmy dążą do realizacji wspólnych celów.

IOS jest zbiorem zasobów IT, obejmującym sieci komunikacji, hardware, aplikacje IT, standardy wymiany danych oraz umiejętności i doświadczenia ludzi. IOS wiąże się z rozwojem infrastruktury komputerowej i telekomunikacyjnej, wykorzystywanej przez firmy w celu wymiany informacji wspierającej procesy biznesowe. Systemy te umożliwiają automatyczne gromadzenie, przetwarzanie i wymianę informacji, zwiększając w ten sposób przejrzystość łańcucha dostaw oraz poziom współpracy i koordynacji działań.

### **Rola IOS w efektywnym SCM**

IOS jest systemem przekraczającym granice organizacji i umożliwiającym uczestnikom łańcucha dostaw wymianę informacji w czasie rzeczywistym oraz jej gromadzenie, przetwarzanie i analizowanie. Systemy te odgrywają istotną rolę na każdym etapie rozwoju SCM, gdyż poprzez elektroniczne przetwarzanie dokumentów i transakcji biznesowych oraz udostępnianie wymaganych informacji z każdego miejsca łańcucha dostaw w wysokim stopniu wspierają automatyzację działania i rozwiązywanie problemów na poziomie operacyjnym, taktycznym i strategicznym [7].

IOS odgrywa centralną rolę w SCM, ponieważ umożliwia spójne i efektywne zarządzanie informacją. Wspiera zatem jeden z najistotniejszych czynników efektywnego SCM, czyli wysoką przejrzystość. Informacyjna przejrzystość łańcucha dostaw to stopień, do którego partnerzy w łańcuchu posiadają dostęp do aktualnej informacji o popycie i podaży w celu zarządzania planowaniem i sterowaniem przepływami materiałowymi [2].

Przejrzystość łańcucha dostaw wymaga dzielenia informacji pomiędzy jego uczestnikami, co wiąże się z dostępem do prywatnych danych w systemach partnerów. Dzielenie informacji dotyczy m.in. dostępności zasobów, wielkości sprzedaży, prognoz popytu, planów zamówień, lokalizacji i statusu zapasów, projektu wyrobu, harmonogramów produkcji, statusu zamówienia oraz powiązanych danych o kosztach, terminach i wynikach działania. Informacje te powinny być odpowiednie, dokładne, aktualne i niezawodne, dlatego też istotne jest wspieranie procesu wymiany przez takie systemy jak EDI, ERP oraz automatyczną identyfikację (kody kreskowe i RFID). W ten sposób możliwe staje się monitorowanie przepływu produktów przez kolejne fazy dodawania wartości w poszczególnych ogniwach łańcucha dostaw.

Widzialność kluczowych metryk działania i danych o procesach umożliwia uczestnikom lepsze zobrazowanie sytuacji i uwzględnienie ważnych czynników w podejmowaniu efektywnych decyzji. Dzielenie informacji zapobiega zniekształceniom informacji o popycie konsumentów (tzw. efektowi byczego bicza) oraz umożliwia skoordynowane podejmowanie decyzji poprzez zastosowanie takich technik jak zarządzanie kategorią (*CM – Category Management*), zarządzanie zapasami przez sprzedawcę (*VMI – Vendor Managed*

*Inventory*), ciągłe uzupełnianie zapasów (*CRP – Continous Replenishment Process*), wspólne planowanie, prognozowanie i uzupełnianie zapasów (*CPFR – Collaborative Planning, Forecasing and Replenishment*) oraz efektywna obsługa klienta (*ECR – Efficient Consumer Response*). W rezultacie zwiększona zostaje dokładność prognozowania popytu i planowania produkcji oraz efektywność uzupełniania zapasów. To wzmacnia zintegrowane działanie całego łańcucha dostaw i zapobiega dodatkowym kosztom, nadmiernym zapasom, wolnej reakcji i utracie przychodów.

Systemy IOS tworzą także możliwości dla organizacyjnego uczenia się i wymiany wiedzy (np. CPFR umożliwia partnerom stałe wspólne uczenie się o zmianach na rynku i elastyczną adaptację do zmieniających się warunków, natomiast wspólne z dostawcami systemy projektowania wyrobów umożliwiają wirtualne symulacje i testowanie produktów). Łańcuch dostaw z IOS wykorzystywanym do wymiany wiedzy wśród uczestników jest w rezultacie w wyższym stopniu zdolny do projektowania i wdrażania innowacji [2].

Przejrzystość informacji często działa także jako mechanizm łagodzenia konfliktów i problemów, związanych z oportunistycznym zachowaniem partnerów wskutek asymetrii informacji. Stosowanie IOS zmniejsza asymetrię informacji, a w ten sposób obniża skłonność uczestników do zachowywania się w oportunistyczny sposób. Uzyskanie tego efektu wymaga jednak szczegółowej analizy i odpowiedniego projektu systemu w kategoriach zakresu i szczegółowości informacji, wymienianej za pośrednictwem IOS [2].

Dzielenie informacji jest korzystne dla firm, gdyż umożliwia im działanie na bazie wyższej widzialności oraz wzmacnia zdolność do podejmowania lepszych decyzji (są one zintegrowane i zsynchronizowane z decyzjami partnerów w całym łańcuchu dostaw). Uczestnicy łańcucha stają się zatem zainteresowani wymianą informacji, a tym samym bardziej zaangażowani we współpracę z partnerami [9]. W ten sposób systemy IOS są nie tylko technicznym rozwiązaniem dla wzmacniania międzyorganizacyjnej komunikacji, ale one także umożliwiają i wzmacniają współpracę (zmniejszona możliwość oportunistycznego zachowania i w rezultacie zwiększone wzajemne zaufanie) oraz są symbolami formalnych relacji (tworzenie IOS wymaga wcześniejszych wspólnych inwestycji w zasoby informatyczne i telekomunikacyjne, które często reprezentują kapitał dla określonej długoterminowej relacji i posiadają małą wartość dla innych działań poza tą relacją). Sukces lub niepowodzenie tych systemów może mieć poważne skutki na efekty współpracy, a ich zastosowanie może zmieniać rozkład siły we wzajemnych relacjach [6].

Systemy IOS umożliwiają wyższą efektywność SCM poprzez redukcję kosztów transakcyjnych, skrócenie czasów realizacji zamówień, eliminację dokumentacji papierowej i powiązaną z tym redukcję nieefektywności i kosztów, łatwiejsze przekazywanie i przetwarzanie informacji oraz poprawę jej jakości w wyniku redukcji/eliminacji błędów i zwiększenia jej aktualności.

Wzrost przejrzystości łańcucha dostaw umożliwia wyższą integrację procesów biznesowych, obniżenie całkowitych kosztów łańcucha oraz dostarczanie większej różnorodności produktów. To w rezultacie prowadzi do wyższego zadowolenia i wzmocnienia zaufania i zaangażowania partnerów biznesowych. Można powiedzieć, iż IOS wywołują „efekt śnieżnej kuli” – oddziałują na wszystkie czynniki efektywnego SCM, a uzyskiwane wyniki prowadzą do dalszego inwestowania i doskonalenia systemów IOS, a to z kolei do coraz wyższej integracji partnerów i osiągania coraz lepszych rezultatów [2].

### **Wdrażanie IOS w kontekście SCM**

Wdrażanie IOS w SCM napotyka szereg trudności i w wysokim stopniu różni się od wdrażania konwencjonalnych systemów IT. Projekty IT koncentrują się na pojedynczej firmie i posiadają dwie główne cechy ułatwiające zarządzanie nimi: jedna organizacja może zawsze w pełni sterować projektem oraz koszt wdrożenia systemu i uzyskane korzyści mogą być zawsze przydzielone do jednej organizacji. Projekty IOS natomiast są często rezultatem procesu negocjacji partnerów, w którym interesy i siła odgrywają istotną rolę. Dlatego zrozumienie złożoności IOS jest istotne dla sukcesu ich wdrożenia [6].

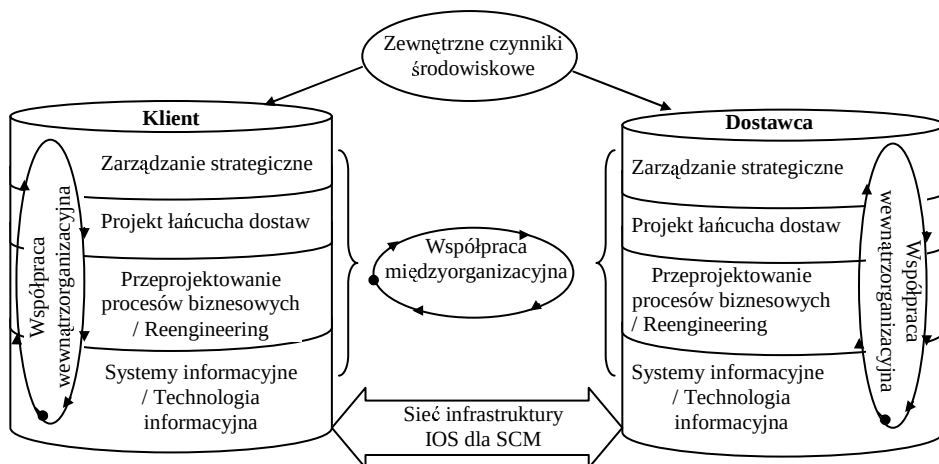
Organizacje podejmujące próby wdrożenia IOS w celu usprawnienia SCM napotykają na różne wyzwania. Pierwszym z nich uzyskanie porozumienia w zakresie planowania i priorytetów działania, gdyż najczęściej każdy z członków łańcucha dostaw jest w innej sytuacji finansowej, na innym stadium rozwoju oraz ma inne cele i problemy do rozwiązania.

Kolejnym wyzwaniem jest określenie potrzeb informacyjnych. Efektywny system wspierania SCM wymaga, aby wszystkie istotne informacje przepływały przez cały łańcuch dostaw, a każdy jego uczestnik miał dostęp do wymaganych informacji. Rozdzielanie informacji wymaga dużej uwagi, gdyż konieczne jest skoordynowanie działań strategicznych, taktycznych i operacyjnych. Określenie wymagań informacyjnych to jeden z najważniejszych aspektów przy wdrażaniu IOS, dlatego konieczne są spotkania uczestników systemu w celu określenia wymagań każdej ze stron oraz wspólnych standardów wymiany informacji.

Prawidłowe określenie wymagań informacyjnych powinno uwzględniać identyfikację problemów SCM i przedsiębiorstw członkowskich (rezultatem jest zbiór problemów, decyzji i potrzebnych informacji), identyfikację kluczowych czynników sukcesu (rezultatem jest zbiór czynników sukcesu całego łańcucha i każdego z uczestników oraz powiązanych z nimi potrzebnych informacji) oraz identyfikację wymaganych analiz i mierników działania (rezultatem jest zbiór informacji potrzebnych do efektywnego działania łańcucha dostaw).

Efektywne SCM wymaga zarządzania procesami przebiegu pracy, które przekraczają granice organizacyjne. Wdrożenie IOS w SCM wymaga zatem także przeprojektowania aktualnych procesów biznesowych tak, aby były one realizowane efektywniej przez współpracujących partnerów.

Wymienione wyzwania związane z wdrażaniem IOS w SCM sygnalizują, iż proces ten wymaga uwzględnienia wielu czynników i powinien odbywać się w następujących etapach: utworzenie wspólnej strategii, przeprojektowanie łańcucha dostaw, przeprojektowanie procesów biznesowych, identyfikacja wymagań informacyjnych oraz utworzenie infrastruktury IOS. Wymienione etapy powinny być realizowane przy stałej współpracy wewnątrzorganizacyjnej i międzyorganizacyjnej, a także przy uwzględnianiu wpływu zewnętrznych czynników środowiskowych (rys. 2).



**Rys. 2. Struktura adopcji IOS dla SCM [8]**

Współpraca przy wdrażaniu jest stałą komunikacją i interakcją wewnątrz organizacji oraz z partnerami biznesowymi. Wdrożenie IOS wymaga, aby firmy utworzyły wspólną strategię oraz przeprojektowały swoje procesy i systemy informacyjne. Współpraca międzyorganizacyjna powinna zatem odbywać się na poziomie strategicznym (utworzenie wspólnej międzyorganizacyjnej strategii zadawalającej wszystkie strony), procesowym (przeprojektowanie sieci łańcucha dostaw oraz procesów biznesowych) oraz technicznym (tworzenie rozwiązania IOS oraz sieci infrastruktury pomiędzy wydziałami IT partnerów) [8].

Istnieje wiele środowisk sieciowych oraz wzorów międzyorganizacyjnych relacji, które wspierane są przez różne typy IOS. Istotną kwestią we wdrażaniu IOS na poziomie technicznym jest zatem wybór odpowiedniego typu systemu. Wymaga to analizy czynników związanych z architekturą międzyorganizacyjną, cechami informacji i intencjami partnerów. Architektura międzyorganizacyjna wiąże się z formalnymi i nieformalnymi relacjami, utrzymywanymi przez firmy dla realizacji wspólnych celów. Wyróżnić można architekturę łańcucha dostaw (relacje dostawca – odbiorca), komplementarną (relacje współdziałania w celu dostarczenia podobnych lub komplementarnych dóbr), handlu informacją (relacje sprzedawca – nabywca unikalnych ekspertyz i informacji o wysokiej

wartości) oraz dostarczania informacji (relacje dostawca – subskrybent ogólnych informacji). Charakterystyka informacji obejmuje cech informacji oddziałujące na jej wiarygodność (niezawodność, dokładność, weryfikowalność, aktualność i wartość), cechy systemu oddziałujące na wiarygodność informacji (dostępność, bezpieczeństwo i transparentność informacji), charakterystykę sieci (liczbę i naturę firm objętych w wymianie informacji) oraz kwestie regulacyjne (prawo i inne regulacje w zakresie wymiany informacji). Intencje partnerów wiążą się z chęcią i motywacją partnerów do uczestnictwa w wymianie informacji [3].

IOS najczęściej obejmuje dwie grupy uczestników: inicjatora oraz perspektywicznych partnerów. Inicjator ponosi zazwyczaj główną część inwestycji i utrzymuje system, dlatego ważna jest analiza intencji partnerów do adaptacji IOS. Czynniki wpływające na adaptację IOS można analizować z perspektywy technicznej systemu (np. kompatybilność z istniejącymi systemami IT), czynników wewnętrznych organizacji (np. wsparcie głównego zarządu, gotowość organizacyjna na zaakceptowanie nowej technologii, postrzegane korzyści, zasoby finansowe, presja na wzrost konkurencyjności), czynników występujących w otoczeniu (np. niepewność popytu, naciski konkurencji, zmienność rynku) oraz rodzaju i znaczenia partnerskich relacji (np. zaufanie, pozycja siły inicjatora, chęć realizacji wspólnych celów, zależność zasobów) [1].

Z wdrażaniem IOS wiąże się szereg barier i trudności. Najczęstsze przyczyny nieudanych wdrożeń to brak wsparcia i zaangażowania zarządu, brak standardowych rozwiązań, niezrozumienie istoty i celów wdrożenia IOS w kontekście SCM, opór partnerów handlowych, brak wymaganych zasobów (funduszy, ekspertyz, umiejętności) oraz przekazywanie odpowiedzialności za wdrożenie wyłącznie działowi IT [1].

Krytyczne czynniki sukcesu wdrożenia IOS można podzielić na czynniki międzyorganizacyjne (organizacyjna gotowość partnerów, wybór partnerów, zaufanie, zaangażowanie, rozkład siły pomiędzy partnerami), organizacyjne (wsparcie zarządu, zarządzanie zmianą, zasoby finansowe), techniczne (wybór technologii i infrastruktury, kompatybilność z istniejącymi systemami IT, niezawodność, bezpieczeństwo, skalowalność i złożoność sieci), postrzeganych korzyści (strategicznych, operacyjnych, kierowniczych) oraz postrzeganych kosztów (hardware, software, trening i edukacja, utrzymanie) [1].

Kluczowe znaczenie w udanym wdrożeniu IOS ma edukacja i partnerstwo. Edukacja umożliwia tworzenie wyraźnej wizji strategicznych i operacyjnych celów wdrożenia, wsparcie głównego zarządu, utworzenie odpowiedniego projektu technicznego oraz dostrzeganie korzyści wdrożenia IOS. Oparte na zaufaniu i zaangażowaniu partnerstwo jest drugim niezbędnym warunkiem sukcesu wdrożenia, gdyż wpływa na skłonność do adaptacji IOS, zwiększa otwartość komunikacyjną, umożliwia opracowanie efektywnego projektu oraz zmniejsza ryzyko negatywnych konsekwencji we wczesnych etapach wdrożenia.

Wdrażanie systemów IOS z jednej strony wymaga silnego partnerstwa, z drugiej natomiast udane ich wdrożenie w istotnym stopniu wzmacnia istniejące więzi. Pomimo tego, iż powszechnie dostrzegana jest waga IOS i trudności związane z jego wdrożeniem, do tej pory nie opracowano jednak jednolitego podejścia do efektywnego wdrożenia IOS w kontekście SCM.

## **Podsumowanie**

Efektywne SCM jest możliwe tylko wtedy, gdy firmy są skłonne do współpracy i inwestowania w partnerskie relacje. IOS można postrzegać jako aktywa określonych relacji, które zarówno formalizują partnerstwo jak i dostarczają elektronicznego kanału dla stałego udostępniania informacji i koordynowania działań pomiędzy partnerami. To powoduje, że IOS odgrywa centralną rolę w efektywnym SCM, gdyż umożliwia skuteczną komunikację, koordynację, integrację i usprawnianie procesów oraz połączenie technologii i zasobów wiedzy dla wspierania innowacji. W rezultacie następuje minimalizacja kosztów, maksymalizacja szybkości reakcji i elastyczności oraz optymalizacja jakości. Niemniej jednak istnieje także strategiczna wartość IOS, polegająca na istotnym wzmacnianiu zaufania i zaangażowania, a tym samym więzi pomiędzy firmami. IOS pełni zatem podwójną rolę w SCM: zarówno umożliwiania zwiększenie jego efektywności, jak i wspiera istniejące relacje partnerskie.

Wdrażanie IOS w SCM jest procesem wymagającym uwzględnienia różnych czynników. Złożoność procesu potęguje uczestnictwo w nim wielu organizacji i związane z tym trudności w określaniu potrzeb informacyjnych IOS oraz konieczność negocjacji i współpracy uczestników w procesie wdrażania. Skuteczny proces wdrażania powinien być dokładnie zaplanowany i obejmować etapy związane z utworzeniem wspólnej strategii, przeprojektowaniem łańcucha dostaw, przeprojektowaniem procesów biznesowych, identyfikacją wymagań informacyjnych oraz utworzeniem infrastruktury IOS. Najważniejsze jest jednak zaufanie i zaangażowanie partnerów oraz dokładne zrozumienie przez nich celów wdrożenia IOS i jego wpływu na efektywność SCM.

## **LITERATURA**

1. Bouchbout K., Alimazighi Z., A Framework for Identifying the Critical Factors Affecting the Decision to Adopt and Use Inter-Organizational Information Systems, *International Journal of Human of Social Sciences*, 2009, No. 4/7, s. 509-516
2. Kim K.K., Ryoo S.Y., Ha N.Y., Inter-organizational information systems visibility in buyer-supplier relationships: buyer and supplier perspectives, *PACIS 2010 Proceedings*, 2010, Paper 80 (dostępny na: <http://aisel.aisnet.org/pacis2010/80>)
3. Kumar G.T., Srinidhi B., A synthesizing framework for technology and content choices for information exchange, *Inf Technol Manage*, 2006, Vol. 7, s. 239–247
4. Kumar N.S., Bharathi P.S., Continuous supply chain collaboration: Road to achieve operational excellence, *Management Science Letters*, 2011, No. 1, s. 1-9
5. Kumar V., Kumar U., Kim D.Y., Performance assessment framework for supply chain partnership, *Supply Chain Management: An Internat.Journal*, 2010, No. 15/3, s. 187-195

6. Makipaa M., Inter-organizational information systems in cooperative inter-organizational relationships: Study of the factors influencing to success, *IFIP International Federation for Information Processing, Project E-Society: Building Bricks*, eds R. Suomi, Cabral, R., Hampe, J. Felix, Heikula, A., Jirvelinen, J., Koskivaara, E., (Boston: Springer), 2006, Vol. 226, s. 68-81
7. Mehrjerdi Y.Z., Excellent supply chain management, *Assembly Automation*, 2009, Vol. 29, No. 1, s. 52-60
8. Pang V., Bunker D., Inter-Organizational Systems (IOS) for Supply Chain Management (SCM): A Multi-Perspective Adoption Framework, *PACIS 2007 Proceedings*, 2007, Paper 153 (dostępny na <http://aisel.aisnet.org/pacis2007/153>)
9. Simatupang T.M., Sridharan R., An integrative framework for supply chain collaboration, *The International Journal of Logistics Management*, 2005, Vol. 16, No. 2, s. 257-274
10. Williamson E.A., An evaluation of inter-organisational information systems development on business partnership relations, *Int. Journal of Business Science and Applied Management*, 2007, Vol. 2, Issue 3, s. 36-50

## **Międzyorganizacyjne systemy informacyjne w efektywnym zarządzaniu łańcuchem dostaw – istota, znaczenie i wdrażanie**

### **Streszczenie**

Szybko zmieniający się rynek globalny sprawia, iż efektywne zarządzanie łańcuchem dostaw (SCM - *Supply Chain Management*) staje się obecnie koniecznością. W celu efektywnej integracji i koordynacji działań uczestnicy łańcucha wdrażają międzyorganizacyjne systemy informacyjne (IOS – *Inter-Organizational Information Systems*), które stanowią techniczne narzędzia wymiany informacji i synchronizacji decyzji. Wdrażanie IOS w kontekście SCM w wysokim stopniu różni się od wdrażania konwencjonalnych systemów IT, a brak ujednoliconego podejścia oraz potrzeba negocjacji i współpracy firm w tym procesie sprawia, iż wdrażanie IOS wciąż napotyka na szereg barier i trudności. W artykule przedstawiono znaczenie IOS w efektywnym SCM, które obejmuje również aspekty strategiczne oraz zasady skutecznego wdrażania tego systemu w kontekście SCM.

**Słowa Kluczowe:** Międzyorganizacyjny system informacyjny, Zarządzanie łańcuchem dostaw, Dzielenie informacji, Efektywny łańcuch dostaw

# **Inter-Organizational Information Systems in effective Supply Chain Management – essence, importance and implementation**

## **Abstract**

Rapidly changing global market makes that effective Supply Chain Management (SCM) is now becoming a necessity. Chain participants implement the Inter-Organizational Information Systems (IOS) in order to effective integration and coordination. These systems provide the technical tools for information exchange and synchronization decisions. The implementation of IOS in the context of SCM is highly different from the implementation of conventional IT systems. Lack of standardized approaches and the need for negotiation and cooperation between companies in this process, makes the implementation of IOS still faces many obstacles and difficulties. The article presents the importance of IOS in effective SCM, including also the strategic aspects and principles for effective implementation of this system in the context of SCM.

**Keywords:** Inter-organizational information system, Supply chain management, Information sharing, Effective supply chain

## **Międzyorganizacyjne systemy informacyjne w efektywnym zarządzaniu łańcuchem dostaw – istota, znaczenie i wdrażanie**

**ELŻBIETA MAŁYSZEK**

### **Informacje o autorze**

Dr inż. Elżbieta Małyszek  
Katedra Organizacji Przedsiębiorstwa  
Wydział Zarządzania  
Politechnika Lubelska  
ul. Nadbystrzycka 38  
20-618 Lublin  
tel. 81 538 44 84, 608 554 111  
e-mail: e.malyszek@wp.pl



## **Koncepcja szeregowania zleceń produkcyjnych dla systemu produkcji wielowersyjnej i wieloasortymentowej.**

### **1. Wprowadzenie**

Od wielu lat prowadzone się badania na polu problematyki optymalizacji szeregowania zadań i rozdziału zasobów [1-6]. Zagadnienia optymalizacji zarówno ciągłej jak i dyskretniej zaliczane są do grupy problemów NP- trudnych, ze względu na swoją złożoność teoretyczną i obliczeniową. Problem ten spotykany jest bardzo często w przypadku skomplikowanych systemów produkcyjnych, gdzie na ograniczonych zasobach musi zostać wytworzony w określonym czasie pewien środek techniczny. Szeregowanie zadań ma na celu ustalenie takiej ich sekwencji, aby w jak najlepszym stopniu wykorzystać zdolności produkcyjne, pozostające w dyspozycji przedsiębiorstwa. Niezależnie od specyfiki systemu produkcyjnego, jego budowy i organizacji, przy przyjmowaniu kolejnych zleceń wymagane jest dokonanie przeglądu obecnego stanu systemu, oraz podjęcie decyzji czy i kiedy nowe zlecenie może zostać przyjęte do realizacji.

W literaturze można spotkać wiele prób rozwiązania problemów szeregowania zadań, np. przy pomocy algorytmów genetycznych [7]. Niestety, jak każde rozwiązanie, mają one swoje wady i zalety. W większości przypadków uzyskanie najlepszego efektu wymaga czasochłonnego „dostrajania” algorytmu do klasy problemu [16]. Złożoność obliczeniowa oraz rozmiar problemów praktycznych w sposób jednoznaczny eliminują z rozważań algorytmy dokładne (ze względu na fakt, iż rozwiązanie musi zostać podane w założonym czasie), pozostawiając do zastosowania jedynie algorytmy heurystyczne, umożliwiające rozwiązanie postawionych problemów w krótkim czasie i z zadowalającą dokładnością. Badania nad algorytmami heurystycznymi, dostarczającymi rozwiązań dla zagadnień, gdzie nieefektywne bądź niemożliwe jest zastosowanie rozwiązań dokładnych, stanowią bardzo szybko rozwijającą się dziedzinę nauki [8-16].

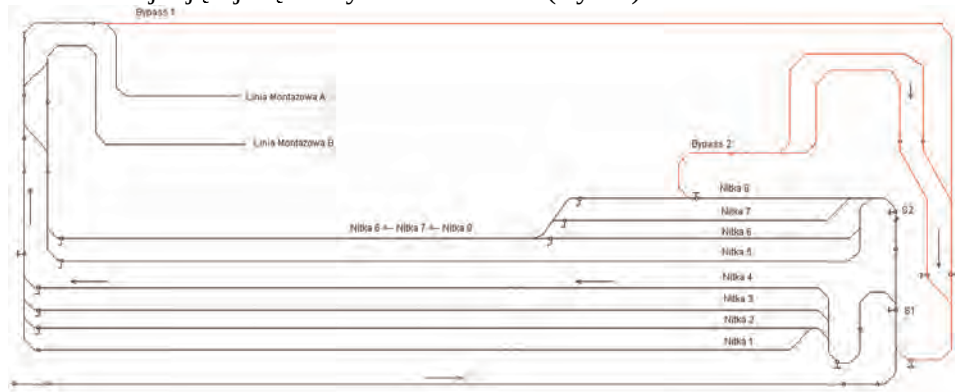
Odpowiednie uporządkowanie zadań prowadzi do wielu korzyści, m.in. lepszego wykorzystania zasobów materialnych (w tym przypadku maszyn i narzędzi), zwiększenia nasycenia linii produkcyjnej, odpowiedniego zagospodarowania czasu pracownika, a także jego bardziej optymalne wykorzystanie. Przekłada się to bezpośrednio na wzrost produktywności i zmniejszenie kosztów jednostkowych, na zasadzie tzw. ekonomiki skali.

W niniejszej pracy, zagadnienie to zostanie ograniczone do określenia pola możliwych rozwiązań dla problemu odpowiedniego uszeregowania produkcji (zleceń produkcyjnych), które kolejno będą przyjmowane do realizacji na linii montażowej w przedsiębiorstwie przemysłu motoryzacyjnego. Przedstawiona zostanie uproszczona struktura systemu produkcyjnego wraz ze stanowiskami montażowymi, dostępne magazyny oraz ścieżki przejścia zleceń.

Na potrzeby zagadnienia opracowane zostaną uproszczone reguły i algorytmy postępowania wykorzystywane w późniejszym etapie do właściwego szeregowania i sekwencjonowania zleceń z wykorzystaniem systemu harmonogramowania i reharmonogramowania KbRS, wchodzącego w skład zintegrowanego systemu wspomagającego podejmowanie decyzji w MŚP.

## 2. Sformułowanie zagadnienia

Na potrzeby rozważań ograniczono rzeczywisty system produkcyjny do odcinka znajdującej się na wydziale montażu (Rys. 1).

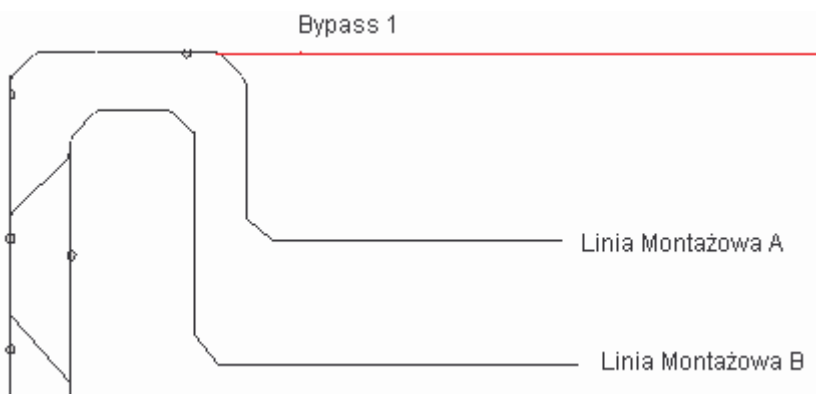


**Rys 1. Uproszczony schemat linii transportowej wydziału montażu**

W skład omawianego systemu wchodzić dwie linie montażowe (A i B) potokowe stałe niezsynchronizowane, na które rozdzielane są zlecenia produkcyjne z jednego bufora. Linie składają się z kilkunastu grup stanowisk montażowych, na których wykonywane są poszczególne operacje montażowe i kontrolne.

Na liniach montowane są 3 modele pojazdów, z których każdy posiada pewną ograniczoną ilość wersji. Dla potrzeb problemu szeregowania, w oparciu o badania dotyczące obecnego charakteru produkcji oraz ilości i typów produkowanych pojazdów dokonano podziału wersji w zależności od stopnia pracochłonności i stanowiskochłonności na klasy od 1 do 7, gdzie 7 wskazuje na najbardziej stanowisko- i pracochłonny proces montażu pojazdu.

Transport jest realizowany za pomocą przenośnika napędzanego łańcuchem, na którym znajdują się zawiesia z poszczególnymi zleceniami. W trakcie przejścia wzdłuż linii wydziału montażu, nadwozia znajdujące się na zawiesiach, dostarczone z wydziału lakierni, są uzupełniane o kolejne części, aż do zejścia gotowego pojazdu z linii, kontroli ostatecznej i odstawienia do magazynu wyrobów gotowych. Przenośnik porusza się ze stałą prędkością przez całą linię, wyznaczając stały takt produkcji. Możliwa jest zmiana prędkości w przypadku awarii bądź w razie konieczności wstrzymania produkcji. Dodatkowym elementem, który pozwala na większą swobodę w ustalaniu sekwencji zleceń wpuszczanych na montaż jest tzw. bypass – część przenośnika z zawiesiami, na którą może zostać wysłane nadwozie, które w chwili obecnej nie może z różnych względów zostać skompletowane. W systemie istnieją dwa takie miejsca, pierwsze oznaczone, jako bypass 1 (Długi bypass) (Rys. 2), znajduje się po wyjściu z bufora, ale przed wejściem na wydział montażu. Umożliwia wysłanie danego nadwozia ponownie na wejście do magazynu.



**Rys. 2 Bypass 1**

Bypass 2, rozpoczynający się na Nitce 8 bufora (Krótki Bypass) (Rys. 3), krótszą drogą niż bypass 1 wysyła nadwozie z powrotem na początek magazynu.



**Rys. 3 Bypass 2**

Bufor, z którego rozdzielane są poszczególne zlecenia ma postać ośmiu nitek, z których każda ma określoną pojemność. W omawianym przypadku, jedynie bufor i odcinek przenośnika za nim, są lokalizacjami, gdzie możliwe jest ustalanie sekwencji wpuszczania zleceń na linię, a więc właściwe szeregowanie zleceń produkcyjnych.

Wcześniej na wydziałach spawalni i lakierni nie jest to zasadne, gdyż nadwozia mieszają się ze względu na kolory, jakie są nakładane w lakierni, czy też po pomalowaniu – w miejscach gdzie schodzi się kilka nitek przerośnika. Nie ma fizycznej możliwości zmiany kolejności zleceń od momentu, kiedy trafiają one na linię montażową i przekroczą punkt zejścia na Bypass 1. Związane jest to z konstrukcją całej linii i charakterystyką tego typu transportu. Bardzo ważne jest, aby wszystkie części wymagane do kompletacji danego zlecenia były dostępne na stanowiskach w chwili, gdy zlecenie przyjmowane jest do realizacji. Ich brak może doprowadzić do przestojów całej linii, ze względu na brak możliwości późniejszego uzupełnienia wyposażenia, a także brak możliwości zdjęcia nadwozia z przerośnika podczas montażu. W wypadku braku części jedynym wyjściem jest puszczenie nadwozia na Bypass.

Bufor ma postać rozdzielni składającej się z 8 nitek, o pojemnościach przedstawionych w tabeli 1. Każde nadwozie wchodzące do magazynu posiada określony kod, na podstawie którego jest przyporządkowywane do odpowiedniej nitki. Zlecenia wybierane do realizacji są wypuszczane z poszczególnych nitek i trafiają do stacji S5. Tam podejmowana jest decyzja, na której linii montażowej (A czy B) ma być realizowane to zlecenie. Daje to możliwość wyboru do realizacji jednego spośród 6 zleceń, które w danej chwili znajdują się na wyjściach nitek. Istnieje również możliwość wypuszczenia zlecenia, które nie może być w danej chwili realizowane na bypass. Przyjmuje się pole rozwiązań proponowanych do zastosowania  $R < R_1, R_2, R_3 >$ .

**TABELA 1. Pojemność nitek magazynu wejściowego**

| Numer nitki bufora | Pojemność [szt.] |
|--------------------|------------------|
| 1                  | 24               |
| 2                  | 24               |
| 3                  | 25               |
| 4                  | 25               |
| 5                  | 25               |
| 6                  | 23               |
| 7                  | 8                |
| 8                  | 7                |

## 2.1 Cel

Należy znaleźć takie uszeregowanie zadań, aby:

- Minimalizować czas zakończenia wykonania określonego zbioru zadań (do eksperymentu przyjęty zostanie wycinek planu produkcji, z określonymi zleceniami)
- Zapewnić odpowiednie nasycenie linii, odpowiednie wykorzystanie czasu pracownika, uzyskać takt poszczególnych stanowisk (bądź grup stanowisk) zbliżony do taktu linii
- Zrealizować zamówienia w odpowiednim czasie

### 3. Pole możliwych rozwiązań

Przyjmuje się pole możliwych rozwiązań w postaci 3 zestawów reguł szeregowania:  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ .

#### 3.1 Reguła $R_1$

Zlecenia trafiające do bufora zgodnie z  $R_1$  są przyporządkowywane do odpowiedniej nitki zgodnie z ustaloną wcześniej klasą stanowisko- i pracochłonności wersji. Efektem działania tej reguły jest uporządkowanie zleceń w poszczególnych nitkach zgodnie z wagą zlecenia uzyskaną po odczytaniu kodu nadwozia. Każda z 7 klas ma przydzieloną jedną nitkę, przy czym nitka 8 zostaje zarezerwowana na wypadek zapełnienia innych nitek, zlecenia specjalnego, bądź jako droga wejścia na bypass 2 itp. W przypadku nitek 6 i 7 w miejscu, w którym się schodzą zostanie określona sekwencja wpuszczania kolejnych nadwozi np. na przemian w stosunku 1:1.

Przed wpuszczeniem na nitkę dokonana będzie weryfikacja, czy na linii znajdują się części wymagane do kompletacji danego zlecenia, jeśli nie nadwozie będzie kierowane na bypass.

#### 3.2 Reguła $R_2$

Zlecenia trafiające do bufora są przyporządkowywane do odpowiedniej nitki w taki sposób, że efektem jest ułożona w kolejnych nitkach sekwencja nadwozi, które kolejno jedno po drugim mogą zostać wpuszczane na linię montażową. W tym rozwiązaniu właściwe sekwencjonowanie zleceń zostaje przeniesione z wyjścia magazynu, na jego wejście. Nitki są zapełniane jednocześnie, biorąc pod uwagę poprzednie nadwozia, które się na nich znalazły. Niemożliwe będzie wprowadzenie na nitkę po sobie na przykład dwóch nadwozi o klasie 7, ze względu na zbyt duże obciążenie pracowników i możliwość nieterminowej realizacji montażu (przekroczenie taktu stanowiska). Takie nadwozie będzie kierowane do nitki 8 a dalej na Bypass. Przed wpuszczeniem na nitkę dokonana będzie weryfikacja, czy na linii znajdują się części wymagane do kompletacji danego zlecenia, jeśli nie nadwozie będzie kierowane na bypass.

#### 3.2 Reguła $R_3$

W przypadku  $R_3$  zlecenia będą przydzielane losowo do nitki, w której w danej chwili znajduje się najmniejsza ilość zleceń (w przypadku jednakowej ilości zleceń w każdej nitce – do pierwszej losowo wybranej).

#### 4. Przyjmowanie zleceń

Aby możliwe było przyjęcie danego zlecenia do montażu, z wykorzystaniem algorytmu obliczeniowego, zostaje przeprowadzona symulacja dla każdego z 7 możliwych do wprowadzenia nadwozi. Na podstawie analizy otrzymanych wyników następuje podjęcie decyzji dotyczącej przyjęcia bądź też odmowy realizacji zlecenia. Algorytm ten uwzględnia czynniki właściwe dla odpowiedniego funkcjonowania linii po przyjęciu zlecenia do realizacji, oraz uwzględnia, które zlecenie pojawi się jako kolejne. Jeśli żadne z nadwozi obecnych na wyjściu nitki nie może zostać przyjęte do realizacji, zostają przeanalizowane nadwozia znajdujące się na kolejnych miejscach. Wynika to z możliwości wypuszczenia pierwszego nadwozia na bypass i przeznaczenie do montażu kolejnego zlecenia. W przypadku  $R_2$  możliwe jest automatyczne wpuszczanie zleceń z wybranej nitki, ze względu na wcześniejsze sekwencjonowanie zleceń, aż do chwili wyczerpania nadwozi na nitce, bądź też w sekwencji – 10 nadwozi z jednej nitki i przejście do następnej tak, aby nie doprowadzić do sytuacji, w której tylko zlecenia z jednej nitki są realizowane.

Każde zlecenie wprowadzane do realizacji musi spełniać określone warunki:

- Klasa stanowisko-i pracochłonności danego zlecenia jest co najmniej o 3 niższa od poprzedniego przyjętego do realizacji w przypadku, gdy przyjmowano zlecenie o klasie 6 bądź 7.
- Klasa stanowisko-i pracochłonności danego zlecenia jest co najmniej o 1 niższa od poprzedniego przyjętego do realizacji w przypadku, gdy przyjmowano zlecenie o klasie 4 bądź 5.
- Jego wprowadzenie nie prowadzi do miejscowego nadmiernego przekroczenia taktu pracy stanowiska, a jednocześnie nie jest możliwe wprowadzenie kolejnego zlecenia niwelującego różnicę
- Nie jest odrzucone ze względu na większą wartość priorytetu innego zlecenia
- Na linii montażowej znajdują się wszystkie części wymagane do skompletowania danego zlecenia
- Na linii nie doszło do nieplanowanego przestoju, uniemożliwiającego kompletację danego zlecenia (awarie sprzętu, brak odpowiednio przeszkolonego pracownika).

#### 4. Podsumowanie

Właściwe uszeregowanie zleceń produkcyjnych w przypadku masowej produkcji wielowersyjnej i wieloasortymentowej jest czynnikiem kluczowym, gdyż w sposób znaczący wpływa na efektywność pracy całego przedsiębiorstwa. Określenie zestawu reguł umożliwia efektywniejsze planowanie sekwencji zleceń, a co za tym idzie lepsze wykorzystanie zasobów pozostających w dyspozycji przedsiębiorstwa. Poprzez zastosowanie algorytmów obliczeniowych i automatyczne analizowanie wynikowego uszeregowania

można na bieżąco sprawdzać wskaźniki produkcji, a następnie proponować i implementować ulepszenia. Ze względu na znaczną informatyzację czynności obsługi procesów produkcyjnych w dużych przedsiębiorstwach wdrożenie narzędzia do wspomagania szeregowania zleceń w postaci programu komputerowego bazującego na algorytmie obliczeniowym nie powinno się wiązać z dużymi kosztami. Idealnym rozwiązaniem takiego zagadnienia w zastosowaniu do MŚP jest system KbRS. System ten ze względu na swoje rozbudowane funkcje obejmujące zarówno możliwości ustalania harmonogramów jak i reharmonogramowanie w czasie rzeczywistym pozwala na szybką reakcję na zapotrzebowanie, a także umożliwia bieżącą kontrolę nad przepływem produkcji za sprawą automatycznego obliczania wskaźników zgodnie z regułami wbudowanymi w oprogramowanie bądź ustalonymi przez użytkownika. Rozważany problem w późniejszym etapie można rozwijać ze względu na wiele czynników, np. postać magazynu a także uzupełnić o zagadnienie balansowania linii montażowej.

Publikacja jest finansowana w ramach grantu badawczo-rozwojowego NCBiR nr N R03 0073 06/2009.

#### LITERATURA

1. Krenczyk D., Kalinowski K., Skołud B.: *Wyznaczanie harmonogramów przebiegów przejściowych dla wieloasortymentowej produkcji rytmicznej*. Zeszyty Naukowe. Automatyka, Z. 144, Gliwice 2006
2. Błażewicz J., Drabowski M., Węglarz J., *Scheduling multiprocessor tasks to minimize schedule length*, IEEE Transactions on Computers, 1996
3. Boctor F.F.: *A new and efficient heuristic for scheduling projects with resources restrictions and multiple execution models*, Université Laval, Québec, Canada, 1999
4. Ishii H., Martel Ch.: *A generalized uniform processor system*, Operations Research, Vol. 33 No. 2, March-April 1985
5. Janiak A.: *Single machine scheduling problem with a common deadline and resource dependent release dates*, European Journal of Operational Research, Vol. 53, Issue 3, August 1991
6. Buchalski Z.: *Optimization of programs scheduling and primary memory allocation in multiprocessing computer systems*, Information Systems Architecture and Technology ISAT '98, Proceedings of the 20th international scientific school, Szklarska Poręba, 15-17 października 1998, Wrocław, 1998
7. Srikanth K., Saxena B.: *Improved genetic algorithm for the permutation flowshop scheduling problem*, Computers & Operations Research, Vol. 31, Issue 4, April 2004
8. Bachman A., Janiak A.: *Jednomaszynowy problem szeregowania zadań czasowo i zasobowo zależnych przy kryterium minimalizacji czasu zakończenia wykonywania zadań*, Zeszyty Naukowe. Automatyka, z. 129, Gliwice, 2000
9. Skołud B., Krenczyk D., Kalinowski K., Kampa A., Gołda G., Dobrzańska-Danikiewicz A. : *The systems aiding decisions in production planning and control.*, Worldwide Congress on Materials and Manufacturing Engineering and Technology. COMMENT'2005, Gliwice-Wisła (CD-ROM) [Ref. 4.648 s. 1-4]
10. Buchalski Z.: *Szeregowanie zadań w systemach wielomaszynowych z czasem realizacji zależnym od ilości zasobów*, Zeszyty Naukowe. Automatyka, Z. 129, Gliwice 2000
11. Janiak A., Kovalyov M.: *Single machine scheduling subject to deadlines and resources dependent processing times*, European Journal of Operational Research, Vol. 94, 1996
12. Kalinowski K.: *Koncepcja podsystemu harmonogramowania w zintegrowanym systemie zarządzania zleceniami produkcyjnymi dla MŚP*. Przegląd Mechaniczny. PM-90/06.

13. Józefowska J.: *Rozwiązywanie dyskretno-ciągłych problemów rozdziału zasobów przez dyskretyzację zasobu ciągłego*, Zeszyty Naukowe. Automatyka, Z. 129, Gliwice 2000
14. Nowicki E., Smutnicki Cz.: *The flow shop with parallel machines. A tabu search approach*. European Journal of Operational Research, Vol. 106, Issues 2-3, April 1998
15. Skołud B., Krenczyk D., Kalinowski K., Grabowik C.: *Wymiana danych w systemach sterowania przepływem produkcji SWZ I KBRS*. Automatyzacja procesów dyskretnych. Teoria i zastosowania. Tom II, Gliwice 2010, str. 207-214
16. Pempera J.: *Minimalizacja czasu cyklu wytwarzania na linii: Podejście genetyczne z ekspresją genów*, Automatyka, Tom 9, z. 1/2, Kraków, 2005

## **Koncepcja szeregowania zleceń produkcyjnych dla systemu produkcji wielowersyjnej i wieloasortymentowej.**

### **Streszczenie**

W niniejszej pracy poruszone zostało zagadnienie szeregowania zadań. Dla rozpatrywanego problemu szeregowania zadań w przemyśle samochodowym, w większości przypadków znalezienie rozwiązania optymalnego nie jest możliwe w akceptowalnym czasie. Problem zaliczany jest do klasy NP-trudnych, dotąd nie znaleziono optymalnej metody jego rozwiązania, proponując jedynie rozwiązania przybliżone. Niezależnie od specyfiki systemu produkcyjnego, jego budowy i organizacji, przy przyjmowaniu kolejnych zleceń wymagane jest dokonanie przeglądu obecnego stanu systemu, oraz podjęcie decyzji czy i kiedy nowe zlecenie może zostać przyjęte do realizacji. W niniejszej pracy, zagadnienie szeregowania zadań zostało ograniczone do określenia pola możliwych rozwiązań dla problemu odpowiedniego uszeregowania produkcji (zleceń produkcyjnych), które kolejno będą przyjmowane do realizacji na linii montażowej w przedsiębiorstwie przemysłu motoryzacyjnego.

**Słowa kluczowe:** szeregowanie, zlecenia produkcyjne, sekwencja

## **Concept of production orders scheduling in multiversion and multiassortment production systems**

### **Abstract**

This paper presents the issue of task scheduling, which aims in establishing a sequence of tasks that maximizes the utilization of company's production capacity. The problem belongs to the NP-hard class, optimal method of solution in a reasonable time has not yet been found, only approximate solutions have been offered. Regardless of specific production system, while considering reception of new tasks into the system, current review of the state of the system is required in order to decide whether and when a new order can be accepted for execution.



In this paper, the problem of task scheduling is limited to determining the field of possible solutions to the problem of appropriate prioritization of production (production orders) which in turn will be accepted for execution on the assembly line in the car industry company. Simplified structure of the production system, orders transition paths and scheduling concepts within the system limitations have been presented.

**Key words:** scheduling, production orders, sequence

## **Koncepcja szeregowania zleceń produkcyjnych dla systemu produkcji wielowersyjnej i wieloasortymentowej**

**BOŻENA SKOŁUD  
MARCIN ZEMCZAK**

### **Informacje o autorach**

mgr. inż. Marcin Zemczak  
Zakład Zintegrowanego Zarządzania i Wytwarzania  
Instytut Automatyzacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania  
Wydział Mechaniczny Technologiczny  
Politechnika Śląska  
Ul. Konarskiego 18A  
44-100 Gliwice  
tel. 32 237 12 19  
e-mail: [Marcin.Zemczak@polsl.pl](mailto:Marcin.Zemczak@polsl.pl)

dr. inż. Damian Krenczyk  
Zakład Zintegrowanego Zarządzania i Wytwarzania  
Instytut Automatyzacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania  
Wydział Mechaniczny Technologiczny  
Politechnika Śląska  
Ul. Konarskiego 18A  
44-100 Gliwice  
tel. 32 237 16 01  
e-mail: [Damian.Krenczyk@polsl.pl](mailto:Damian.Krenczyk@polsl.pl)

BOŻENA SKOŁUD  
DAMIAN KRENCZYK  
KRZYSZTOF KALINOWSKI  
CEZARY GRABOWIK

## **Wspomaganie zarządzania produkcją w małych i średnich przedsiębiorstwach z zastosowaniem systemów SWZ, KbRS i PROEDIMS**

### **Wstęp**

Duże wymagania dotyczące zmienności produktu i związana z tym potrzeba szybkiej reakcji na oczekiwania rynku prowadzą do intensywnego rozwoju przedsiębiorstw produkcyjnych, a w szczególności przedsiębiorstw małych i średnich (MŚP), produkujących na zlecenie klienta. W ostatnim czasie oprócz MŚP obserwuje się wzrost liczby przedsiębiorstw nazywanych mikro, często rodzinnych, zatrudniających do 10 osób. Mogą one mieć profil produkcyjny, handlowy lub usługowy.

Należy zwrócić uwagę na fakt, iż w Polsce obserwowany jest niski stopień koncentracji kapitału, czego efektem jest pojawianie się dużej liczby mikro przedsiębiorstw, a w niektórych przypadkach ich ewolucji w firmy małe, średnie, a następnie duże. Istniejące na rynku przedsiębiorstwa posiadają różne formy organizacji produkcji, od produkcji masowej realizowanej na magazyn (ang.: Make To Stock – MTS), produkcji realizowanej w liniach produkcyjnych zsynchronizowanych, po produkcję zmienną wykonywaną na zlecenie innych firm oraz produkcję na bezpośrednie zamówienie klienta (ang.: Make To Order – MTO). Niedoskonałości w postaci strat i opóźnień w produkcji, obserwowane szczególnie w organizacji MTO, a co za tym idzie, szerokie możliwości poprawy działania systemów, są zauważalne na etapie projektowania produktu oraz organizacji produkcji i zarządzania. Za konkurencyjne jest uważane to przedsiębiorstwo, które dysponując podobnymi zasobami potrafi zorganizować produkcję w sposób gwarantujący większą efektywność, niż to zapewnia konkurent. Atutem takiego wytwórcy jest między innymi szybkość podejmowania decyzji o możliwości przyjęcia zlecenia i jego terminowej realizacji.

Badania rynku systemów wspomagających zarządzanie ujawniają jednak fakt, że obecne na rynku systemy zarządzania klasy MRP oraz ERP implementowane są głównie w dużych przedsiębiorstwach, czego głównymi przyczynami jest wysoki koszt jego wdrożenia oraz konieczność dokonywania zmian w strukturze organizacyjnej. MŚP poszukują systemów zarządzających, w których kładzie się większy nacisk na zagadnienia techniczne niż biznesowe, czyli systemów klasy MES (ang.: Manufacturing Execution System) lub SFC (ang.: Shop Floor Control).

## 1. Oprogramowanie wspomagające zarządzanie przedsiębiorstwem

Analiza oferowanych komercyjnie rozwiązań programowych skierowanych zarówno do dużych przedsiębiorstw przemysłowych, jak i przedsiębiorstw należących do segmentu MŚP wykazała, że w około 70% przypadków wdrożenie dużych systemów klasy MRP/ERP nie przynosi zakładanych korzyści. Przyczyn tego stanu rzeczy poszukiwać należy zarówno po stronie tzw. czynnika ludzkiego, jak i samego oprogramowania. Od strony oprogramowania głównymi czynnikami odpowiedzialnymi za niepowodzenie wdrożenia są: brak elastyczności oprogramowania (sztywna struktura oprogramowania wymuszająca w przypadku wdrożenia konieczność wprowadzenia zmian w strukturze organizacyjnej przedsiębiorstwa) oraz niedopasowanie oprogramowania do potrzeb przedsiębiorstwa na poziomie funkcjonalnym (nadmiarowość funkcjonalna występująca po stronie funkcji administracyjno-kontrolnych w połączeniu z brakiem pełnego wsparcia po stronie funkcji w zakresie planowania i sterowania produkcją).

W wyniku analizy potrzeb MŚP zaproponowano przeprowadzenie projektu badawczego, którego celem naukowym jest opracowanie metodyki integracji systemów komputerowych wspomagających działalność przedsiębiorstwa w obszarach planowania i sterowania produkcją przemysłową (w zakresie harmonogramowania i reharmonogramowania produkcji), metodyki wspomagania szybkiego podejmowania decyzji dotyczących możliwości przyjęcia zlecenia produkcyjnego oraz sposobu jego realizacji, metodyk tworzenia rozproszonych systemów wspomagania zarządzania przedsiębiorstwem oraz metodyk tworzenia neutralnych formatów wymiany danych pomiędzy istniejącymi rozwiązaniami autorskimi oraz komercyjnymi.

Celem użytecznym projektu jest opracowanie modelu oraz prototypowego systemu wspomagającego funkcje planowania, sterowania i zarządzania produkcją przemysłową. W wyniku opracowania oraz implementacji tworzonego systemu możliwe będzie zwiększenie efektywności działań w integrowanych obszarach decyzyjnych oraz stworzone zostaną możliwości tworzenia przez przedsiębiorstwa sektora MŚP organizacji wirtualnych.

Wynikiem projektu ma być opracowanie zintegrowanego systemu wspomagającego podejmowanie decyzji w MŚP. Autorzy zmodyfikują istniejące systemy wspomagające zarządzanie przedsiębiorstwem działające w ramach środowiska PROEDIMS (Politechnika Wrocławska) oraz systemy harmonogramowania SWZ i KbRS (Politechnika Śląska) w taki sposób, aby umożliwić ich współpracę poprzez opracowanie oraz implementację interfejsu wymiany danych. W dłuższym horyzoncie czasu autorzy projektu oczekują, że powstały w ten sposób system zarządzania przepływem produkcji w MŚP stanie się alternatywą wobec drogiej i bardzo złożonych systemów klasy MRP/ERP, praktycznie niedostępnych dla MŚP.

## 2. Wspomaganie zarządzania przepływem produkcji

Zarządzanie przepływem produkcji, planowanie, sporządzanie harmonogramu oraz sterowanie związane jest z potrzebą odwoływania się do różnych zachowań, związanych np. z różnymi sposobami organizacji produkcji, wynika zarówno z konieczności elastycznego reagowania na oczekiwania klienta, jak i wymagań stawianych przez konkurencję. Jest oczywiste, że decyzje muszą być podejmowane w trybie interakcji z systemem wspomagania komputerowego. Istniejące rozwiązania opierają się na różnych paradygmatach zarządzania przepływem produkcji, implementowanych w takich strategiach sterowania jak np.: JIT, OPT, LM, AM.

Zarządzanie przepływem produkcji w strategii JIT (ang.: Just-in-Time) polega na niedopuszczaniu do realizacji operacji niewnoszących wartości dodanej.

Istotą strategii OPT [1] (ang.: Optimized Production Technology), jest wprowadzanie do systemu wielkości partii produkcyjnych w momentach, które nie prowadzą do przekroczenia pewnego, arbitralnie wybranego ograniczenia. JIT kładzie szczególny nacisk na eliminowanie strat i utrzymanie wszelkich zapasów na minimalnym poziomie, przez co system jest bardzo wrażliwy na zakłócenia, podczas gdy OPT skupia się na bilansowaniu przepływów, skracaniu cykli produkcyjnych i zapewnieniu terminowości wykonania zleceń. Również LM (ang.: Lean Manufacturing) polega na systematycznej redukcji strat we wszystkich sferach działalności przedsiębiorstwa. Jest to osiągnięte przez równoległe, indywidualne prowadzenie zleceń produkcyjnych [2].

AM (ang.: Agile Manufacturing) charakteryzuje się gotowością na zmiany, wynikającą z wymagań szybko zmieniającego się rynku, gotowością do dynamicznej alokacji zasobów (kadry i maszyn). Sprowadza się to do udostępniania aktualnie wolnych mocy produkcyjnych, którymi dysponuje przedsiębiorstwo, bądź też do wykorzystania zasobów innych przedsiębiorstw [3].

Zaprezentowana analiza wskazuje na brak uniwersalnej strategii zarządzania przepływem produkcji. Należy pamiętać, że każda decyzja związana z przyjęciem do realizacji zlecenia produkcyjnego musi zapewnić opłacalność skutków jej podjęcia w kategoriach terminowości i kosztów wytwarzania. Biorąc pod uwagę specyfikę obszaru działania, w którym działają przedsiębiorstwa segmentu MŚP, koniecznością staje się korzystanie z systemów komputerowego wspomagania decyzji, w szczególności w odniesieniu do decyzji dotyczących możliwości wdrożenia zlecenia produkcyjnego. Realizacja zadania powinna nastąpić zgodnie ze zleceniem, przy jak najmniejszym poziomie zaangażowanego kapitału.

Dopuszczalność wariantowania przepływu produkcji jest determinowana ograniczeniami o charakterze ilościowym i jakościowym. Kombinatoryczny charakter możliwych wariantów organizacji przepływu produkcji praktycznie

uniemożliwia rozwiązanie tego problemu w sensie ilościowym, co oznacza w zasadzie brak możliwości uzyskania rozwiązania optymalnego w rozsądnym horyzoncie czasowym. Z tego samego powodu równie trudne jest zadanie wyznaczania przepływu dopuszczalnego, tzn. rozwiązania problemu w sensie jakościowym. Implikuje to konieczność rezygnacji z wyznaczania zbioru wszystkich rozwiązań dopuszczalnych na rzecz wyznaczania pewnego podzbioru stanów rozwiązań osiągalnych. Rozwiązywanie tego typu problemów sprowadza się do sprawdzenia sekwencji arbitralnie wybranych warunków, gdzie każde sprawdzenie stanowi badanie lokalnego warunku bilansu. Spełnienie wszystkich warunków (ich koniunkcja) gwarantuje wykonanie zlecenia. Brak lokalnego bilansu dostarcza informacji na temat niezbędnych rezygnacji z określonych warunków realizacji zlecenia, bądź konieczności spełnienia potrzeb związanych ze zwiększeniem dostępnych mocy produkcyjnych, przestrzeni magazynowych itp.

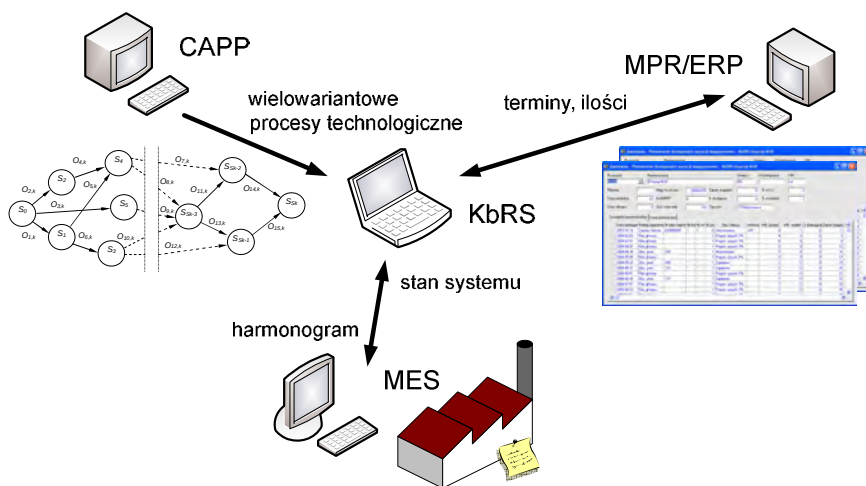
## **2.1. System Weryfikacji Zleceń - SWZ**

Omawiana metoda została zaimplementowana w autorskim systemie „System Weryfikacji Zleceń – SWZ 4.0”, który dla danych specyfikujących system i zlecenia wyznacza procedury sterowania rozproszonego wraz ze wskaźnikami ilościowymi i jakościowymi pracy systemu produkcyjnego. Sterowanie przepływem produkcji realizowane jest poprzez wykonywane cyklicznie lokalne reguły rozstrzygania konfliktów zasobowych (LLRKZ) [4]. LLRKZ określa kolejność dostępu procesów do zasobu i zapewnia przynajmniej jednokrotną realizację operacji należącej do każdego z procesów dzielących zasób. Dostęp do zasobów jest regulowany zgodnie z trybem wzajemnego wykluczania. Oznacza to, że przebiegi ustalone generowane są poprzez zbiory LLRKZ przydzielonych do zasobów. Ponieważ praca maszyn i urządzeń odbywa się według generowanego przez reguły cyklu, jej cechą charakterystyczną jest to, że istotne normatywy produkcji dają się określić w sposób algebraiczny. Daje to możliwość kształtowania na wysokim poziomie określonych wskaźników produkcji, takich jak wykorzystanie zasobów czy poziom zapasów produkcji w toku. Generowane w systemie SWZ rozwiązanie może być zastosowane dla systemów wieloasortymentowej produkcji rytmicznej, cechującej się jednoczesną realizacją wielu wyrobów, podczas której następuje regularne, równomierne powtarzanie się określonych operacji procesu produkcyjnego wykonywanych na zasobach systemu, w którym po wykonaniu ostatniej operacji następuje powrót do pierwszej operacji w sekwencji.

## **2.2. System reharmonogramowania produkcji KbRS**

Rozwiązaniem dedykowanym dla systemów wieloasortymentowej produkcji jest system harmonogramowania i reharmonogramowania produkcji – KbRS.

Zastosowana w systemie metoda predykcyjno–reakcyjnego harmoniogramowania kierowanego zdarzeniami umożliwia przeprowadzanie reharmonogramowania na podstawie raportowanych zakłóceń i odchyłeń w produkcji [5]. Podstawą wyznaczania zbioru harmonogramów produkcji są dane technologiczne (zapis wielowariantowych procesów technologicznych) oraz dane organizacyjne dotyczące zleceń produkcyjnych – terminy, priorytety oraz wielkości produkcji. Dane te pozyskiwane są z baz danych systemów klasy CAPP i MRP/ERP lub wprowadzane za pomocą formularzy. Po zdefiniowaniu parametrów dostępnych algorytmów harmonogramowania generowane są warianty początkowego harmonogramu produkcji. Harmonogramy produkcji przedstawiane są na wykresie Gantta, a zestawione w tabelach wskaźniki oceny umożliwiają przegląd i analizę poszczególnych harmonogramów. Wybór harmonogramu do realizacji jest wspomagany przez moduł oceny wielokryterialnej. System nie podejmuje samodzielnie decyzji o zastosowaniu najwyżej ocenionego harmonogramu, ta czynność jest wykonywana manualnie przez planistę, który w danej sytuacji może stosować dodatkowe, niesformalizowane kryteria oceny. Strukturę systemu przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Interfejs systemu KbRS

### 2.3. System PROEDIMS

System PROEDIMS (rys. 2) należy do rodziny produktów, które służą do zarządzania danymi o produkcie oraz procesami w przedsiębiorstwie. PROEDIMS umożliwia tworzenie, gromadzenie, zarządzanie oraz propagację wszystkich danych związanych z produktem podczas całego cyklu życia produktu.



**Rys. 2. Przykładowy ekran systemu PROEDIMS**

System ten wspomaga różne obszary i aktywności związane z produktem i działaniami firmy; począwszy od faz koncepcyjnych, poprzez zarządzanie procesami projektowymi i logistycznymi oraz relacjami z klientami i dostawcami, aż po utrzymanie i serwisowanie produktów. Funkcjonalność systemu w łatwy sposób może być definiowana i dostosowywana do potrzeb i wymagań użytkowników. Wysoką elastyczność rozwiązania zapewnia jego otwartość programowa oraz modułowa architektura. Podstawową funkcjonalność systemu PROEDIMS zapewnia jego jądro, w skład którego wchodzi moduły odpowiedzialne za zarządzanie projektem/zleceniem, zarządzanie dokumentacją i zasobami oraz zarządzanie przepływem prac (ang.: workflow). Dopasowywanie systemu do potrzeb użytkowników realizowane jest poprzez dołączanie do jądra systemu PROEDIMS modułów specjalistycznych, takich jak: zarządzanie strukturą produktu, projektowanie technologiczne, gospodarka magazynowa, czy też logistyka i monitorowanie produkcji w toku i inne. Przewiduje się, że funkcje systemów PROEDIMS i SWZ w połączeniu z możliwością harmonogramowania i reharmonogramowania przedsięwzięć projektowych i przepływu produkcji KbRS utworzą rozwiązanie oczekiwane przez MŚP.

### 3. Wymiana danych pomiędzy systemami

W ramach projektu opracowano moduły wymiany danych pomiędzy istniejącymi rozwiązaniami: systemami SWZ, KbRS oraz PROEDIMS [6]. Zdecydowano się na wykorzystanie Rozszerzalnego Języka Znaczników XML (Extensible Markup Language), przeznaczonego do reprezentowania różnych danych w ustrukturalizowany sposób. Język XML jest obecnie stosowany coraz

częściej w systemach elektronicznej wymiany danych (EDI) ze względu na swoją uniwersalność i wygodę w stosowaniu [7]. Specyfikacja języka XML została określona przez organizację W3C (World Wide Web Consortium) [8]. Początkowo został opracowany jako język wymiany informacji w sieci WWW, jednak ze względu na swoje zalety znalazł zastosowanie także w innych dziedzinach.

Pierwszym krokiem w realizacji metody opisu i wymiany danych było opracowanie definicji struktury dokumentu XML, zawierającego dane dotyczące modelowanego systemu produkcyjnego. Najpopularniejsze obecnie standardy służące definiowaniu struktury dokumentu XML to opracowane przez W3C Document Type Definition (DTD) oraz XML Schema, który uważany jest za następcę standardu DTD.

Zdecydowano, że struktura dokumentu zostanie zdefiniowana z wykorzystaniem XML Schema ze względu na to, że:

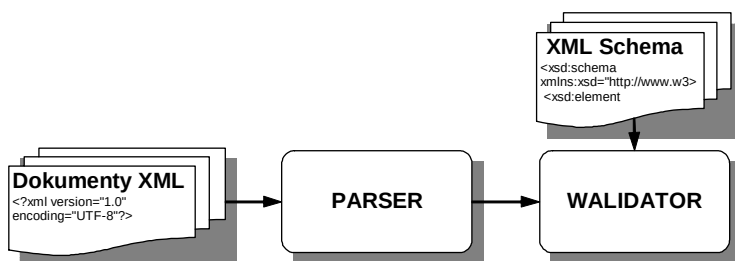
- XML Schema jest także zapisywany w języku XML (posiada on zapis strukturalny),
- jest bardziej rozbudowany w porównaniu do standardu DTD,
- pozwala na definiowanie ograniczeń dotyczących danych.

Dzięki zastosowaniu schematu można także tworzyć nowe definicje struktury, bądź połączyć informacje z kilku schematów, co ma duże znaczenie w procesie pozyskiwania danych z systemów informatycznych. Definicja struktury dokumentu XML w postaci schematu dostarcza danych określających sposób przygotowania poprawnego dokumentu XML, wraz z informacjami dotyczącymi między innymi typów danych, atrybutów oraz zakresów dopuszczalnych wartości. Schemat służy także do kontroli poprawności dokumentu (walidacji pliku XML) podczas procesu transformacji dokumentów w aplikacjach XML (rys. 3).

Opracowany na potrzeby integracji schemat XML w systemie ProEDIMS podzielony został na cztery moduły [9]:

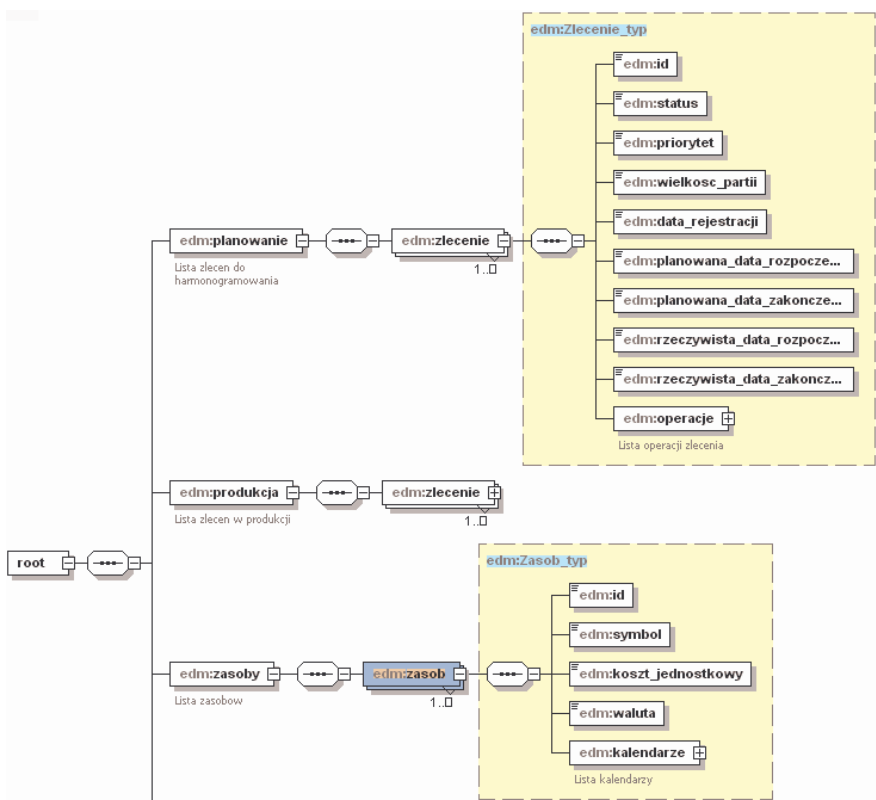
- Planowanie – zawierający dane dotyczące zleceń produkcyjnych oraz powiązanych z nimi operacji przeznaczonych do harmonogramowania. W module tym przekazywana są dane takie jak: status zlecenia, priorytet, wielkość partii, data rejestracji, planowane daty rozpoczęcia i zakończenia – używane przy generowaniu harmonogramów, w zależności od reguły „w przód” lub „wstecz”.





**Rys. 3. Walidacja dokumentu XML z wykorzystaniem XML Schema**

Przykład opracowanego przez autorów schematu XML zawierający fragment opracowywanej definicji struktury dokumentu XML przedstawiono rys. 4.



**Rys. 4. XML Schema dla danych o strukturze procesów produkcyjnych**

— Produkcja – zawierający dane dotyczące zleceń oraz powiązanych z nimi operacji będących obecnie w realizacji. Dane produkcyjne zawarte w tym module XML zawierają informację o wszystkich zleceniach i operacjach realizowanych w danej chwili na wydziale produkcyjnym. Muszą być one

uwzględnione w generowanych planach produkcji. Plany te mogą zostać zmienione tylko w przypadku wcześniejszego ich anulowania.

- Zasoby – zawiązujący listę zasobów produkcyjnych wraz z kalendarzami dostępności. Moduł XML z danymi o zasobach produkcyjnych wraz z kalendarzami dostępności. Wpisy w kalendarzu dzielą się na: pozytywne (takie w którym zasób jest dostępny -zmiana, nadgodziny), negatywne (takie w którym zasób jest niedostępny - awaria, przegląd, itp.).
- Grupy zasobów – zawierający listę grup zasobów – grupa taka definiuje zasoby, które mogą być wykorzystywane naprzemiennie; przykładem może być użycie tego zasobu na którym operacja zakończy się najwcześniej.

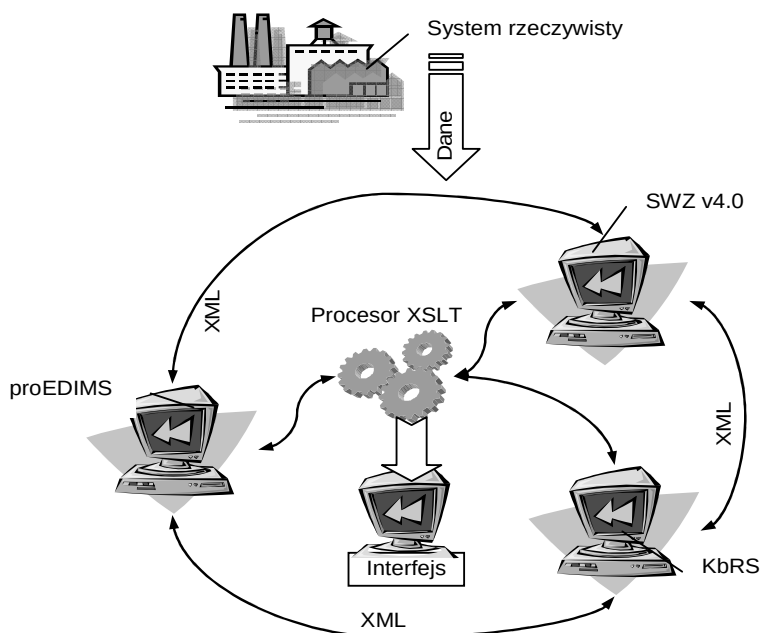
Kolejnym etapem jest automatyczne generowanie, na podstawie danych zapisanych w dokumencie XML, plików wejściowych w formatach wewnętrznych systemów PROEDIMS, KbRS oraz SWZ. Do tego celu wykorzystany został rozszerzalny język arkusza stylów XSLT (ang.: XSL Transformations, Extensible Stylesheet Language Transformations), który jest rekomendowanym przez organizację W3C językiem pozwalającym na przekształcenie dokumentu XML w inny rodzaj dokumentu (np. inny dokument XML, stronę WWW, dokument tekstowy). XSLT jest stosowany w różnorodnym oprogramowaniu (przeglądarki WWW, MATLAB), a realizacja procesu transformacji w oparciu o dokument XSLT może być prowadzona z wykorzystaniem dostępnych na rynku procesorów (XMLSpy, Sablotron dla języka C++, XSLT dla PHP). Przedstawione rozwiązania związane z definiowaniem oraz przekształcaniem danych pozyskanych z systemów PROEDIMS, SWZ oraz KbRS, wspomagających proces zarządzania przedsiębiorstwem stanowiły podstawę opracowania metodyki integracji rozważanych obszarów decyzyjnych oraz utworzenia zintegrowanego komputerowego systemu wspomagającego techniczno–organizacyjne przygotowanie produkcji [6]. Praktycznie integracja systemów jest realizowana poprzez rozbudowę autorskich programów o wspólny interfejs wymiany danych pomiędzy poszczególnymi modułami zintegrowanego środowiska planowania, dający możliwość zapisania danych dotyczących zasobów systemu oraz realizacji zleceń w plikach XML, zgodnie z opracowanymi schematami XML. Proces przetwarzania plików XML w oparciu o arkusz XSLT realizowany może być w dwojaki sposób. Pierwszy z nich wykorzystuje dostępne oprogramowanie zawierające procesory XSLT (XMLSpy). Drugi sposób działa w oparciu o autorski interfejs wykorzystujący funkcje procesorów XSLT (rys. 5).

Poszczególne elementy struktury pliku wejściowego przekształcane są w kolejności wynikającej z wymogów formatów wewnętrznych SWZ i KbRS poprzez odpowiednio zaadresowane odwołania do znaczników (węzłów) wykorzystując język XPatch.

## Podsumowanie

Analiza obecnego stanu wiedzy z zakresu metod, narzędzi oraz technik integracji funkcji projektowania, planowania oraz zarządzania produkcją przemysłową przeprowadzona przez autorów wykazała, iż wskazane jest prowadzenie badań w rozważanym obszarze naukowym, głównie ze względu na brak takich rozwiązań zarówno komercyjnych, jak i akademickich, szczególnie w odniesieniu do przedsiębiorstw segmentu MŚP.

Ostatecznym wynikiem projektu będzie prototypowy system zarządzania MŚP, zbudowany w oparciu o systemy SWZ, KbRS i PROEDIMS. Prace nad interfejsem integrującym te systemy są w końcowej fazie, prowadzone są testy wymiany danych poprzez dokumenty XML. Prace nad systemem są kontynuowane, po ich zakończeniu planowane jest jego wdrażanie w przedsiębiorstwach sektora MŚP. Projekt integracji systemów jest finansowany w ramach grantu badawczo-rozwojowego NCBiR nr N R03 0073 06/2009.



**Rys. 5. Interfejs wymiany danych pomiędzy modułami zintegrowanego środowiska planowania**

## LITERATURA

1. Blackstone Jr, J.H., *Theory of constraints - a status report*. International Journal of Production Research. 2001. Vol. 39. No. 6. s. 1053–1080.
2. Womack, J. P., Jones, D. T., *Lean Thinking – Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon&Schuster, New York 1996.

3. Huang H.H., *Integrated production model in Agile Manufacturing Systems*. International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2002. Vol. 20 s. 515–525.
4. Skołud B., Krenczyk D., *Flow Synchronisation of the Production Systems – The Distributed Control Approach*. Proceedings of the 6th IFAC Workshop on Intelligent Manufacturing Systems IMS 2001, Poznań, 2001, s. 127–132.
5. Kalinowski K., *Koncepcja podsystemu harmonogramowania w zintegrowanym systemie zarządzania zleceniami produkcyjnymi dla MŚP*. Przegląd Mechaniczny. PM–90/06.
6. Krenczyk D., Data transformation for production planning and control systems integration. Journal of Machine Engineering, vol 11, no. 1-2, 2011, page 171-180,
7. Tao Y., Hong T.; Sun S., *An XML implementation process model for enterprise applications*. Computers in Industry. Elsevier Science Publishers B. V. 2004. Vol. 55. s. 181–196.
8. Bray T., Paoli J., Sperberg-McQueen C. M., Maler E., Yergeau F., *Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fifth Edition) W3C Recommendation 2008*. <http://www.w3.org/TR/2008/REC-xml-20081126/>.
9. Cholewa M., Czajka J., Konopa A., *Koncepcja modelu procesu wymiany danych między systemami do przygotowania produkcji oraz do planowania produkcji. Automatyzacja procesów dyskretnych : teoria i zastosowania. T. 2 / pod red. Andrzeja Świerniaka i Jolanty Krystek. Gliwice : Wydawnictwo Pracowni Komputerowej Jacka Skalmierskiego, 2010. s. 25-33,*

## **Wspomaganie zarządzania produkcją w małych i średnich przedsiębiorstwach z zastosowaniem systemów SWZ, KbRS i PROEDIMS**

### **Streszczenie**

W artykule przedstawiono problemy zarządzania w MŚP. Przedstawiono część działań objętych projektem badawczym, to jest metodę i sposób formalnego opisu struktury procesów produkcyjnych oraz sposób wymiany danych pomiędzy istniejącymi rozwiązaniami: systemem SWZ oraz systemem KbRS, z wykorzystaniem języka XML (Extensible Markup Language - Rozszerzalny Język Znaczników).

**Słowa kluczowe:** XML, wymiana danych, komputerowe wspomaganie zarządzania, harmonogramowanie, XML Schema

## **Supporting of production management in small and medium enterprises with SWZ, KbRS and PROEDIMS systems**

### **Abstract**

In the paper some management problems in an MSP were presented. Only a part of a research being done was presented, it is a method and a formal description of production processes. Moreover a method of data exchange between existing systems such as SWZ system, KbRS system with application of XML language was discussed in details.

**Key words:** XML, data exchange, computer aided management, scheduling, XML Schema

# **Wspomaganie zarządzania produkcją w małych i średnich przedsiębiorstwach z zastosowaniem systemów SWZ, KbRS i PROEDIMS**

**BOŻENA SKOŁUD  
DAMIAN KRENCZYK  
KRZYSZTOF KALINOWSKI  
CEZARY GRABOWIK**

## **Informacje o autorach**

Prof. dr hab. inż. Bożena Skołud  
Zakład Zintegrowanego Zarządzania i Wytwarzania  
Instytut Automatyzacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania  
Wydział Mechaniczny Technologiczny  
Politechnika Śląska w Gliwicach  
Ul. Konarskiego 18a  
44-100 Gliwice  
tel. 32 237 16 01  
e-mail: [bozena.skolud@polsl.pl](mailto:bozena.skolud@polsl.pl)

Dr inż. Damian KRENCZYK  
Zakład Zintegrowanego Zarządzania i Wytwarzania  
Instytut Automatyzacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania  
Wydział Mechaniczny Technologiczny  
Politechnika Śląska w Gliwicach  
Ul. Konarskiego 18a  
44-100 Gliwice  
tel. 32 237 12 19  
e-mail: [damian.krenczyk@polsl.pl](mailto:damian.krenczyk@polsl.pl)

Dr inż. Krzysztof Kalinowski  
Zakład Zintegrowanego Zarządzania i Wytwarzania  
Instytut Automatyzacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania  
Wydział Mechaniczny Technologiczny  
Politechnika Śląska w Gliwicach  
Ul. Konarskiego 18a  
44-100 Gliwice  
tel. 32 237 24 59  
e-mail: [krzysztof.kalinowski@polsl.pl](mailto:krzysztof.kalinowski@polsl.pl)

Dr inż. Cezary Grabowik  
Zakład Zintegrowanego Zarządzania i Wytwarzania  
Instytut Automatyzacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania  
Wydział Mechaniczny Technologiczny  
Politechnika Śląska w Gliwicach  
Ul. Konarskiego 18a  
44-100 Gliwice  
tel. 32 237 24 59  
e-mail: [cezary.grabowik@polsl.pl](mailto:cezary.grabowik@polsl.pl)

## **Skuteczność statystycznych procedur w kontroli i ocenie jakości geometrycznej**

### **1. Wprowadzenie**

Jakość wyrobu jest obecnie traktowana jako jeden z głównych celów strategicznych w nowoczesnej inżynierii produkcji. Przyjmowanie takiej strategii pozwala zapewnić na tyle wysoki poziom jakości wyrobów, że ich teoretyczną wadliwość można oceniać na poziomie ułamka procenta. Pomimo to wyroby nawet najbardziej renomowanych dostawców nie zawsze są wolne od wad. Przyczyn takiego stanu rzeczy może być wiele, ale należy zwrócić uwagę przynajmniej na trzy związane z masowością produkcji tj.:

- łatwość zaobserwowania zjawiska,
- statystyczne formy kontroli w odbiorze jakościowym wyrobów gotowych,
- statystyczne formy kontroli procesów.

W ostatnich latach zwrócono szczególną uwagę na zapewnienie jakości produkcji w oparciu o kontrolę procesów technologicznych. Jest to słuszny kierunek ale pomimo stosowania statystycznych form kontroli, koszty zapewnienia jakości są wysokie z uwagi licznosc procesów i konieczność kontroli dużej liczby operacji. Rozwiązanie tego problemu może zapewnić kontrola jakości oparta na systemach kontroli właściwości procesów ograniczających w zdecydowany sposób liczbę kontrolowanych jednostek wyrobów.

Z tego względu istotnego znaczenia nabiera badanie właściwości statystycznych procesów (stabilności lub cyklicznej powtarzalności rozkładu kontrolowanych cech w czasie) oraz skuteczności procedur kontroli w celu zapewnienia wymaganej jakości [8].

### **2. Skuteczność statystycznych procedur w systemie kontroli jakości**

Skuteczność statystycznej procedury kontroli  $\eta$  można wyrazić jako procentowy udział liczby braków  $n_B$  w przyjętej partii jednostek na podstawie wyników kontroli, zgodnie z przyjętą procedurą, do liczby jednostek kontrolowanej partii  $n_W$

$$\eta = \frac{n_B}{n_W} 100\% . \quad (1)$$

Przyjmowanie do oceny skuteczności statystycznych procedur kontroli tzw. *poziomu istotności* nie zapewnia dobrych rezultatów w przypadku gdy wymagany poziom akceptowanej wadliwości jest niższy od poziomu istotności badań. Dobrych rezultatów może również nie zapewnić przyjęcie modnej obecnie

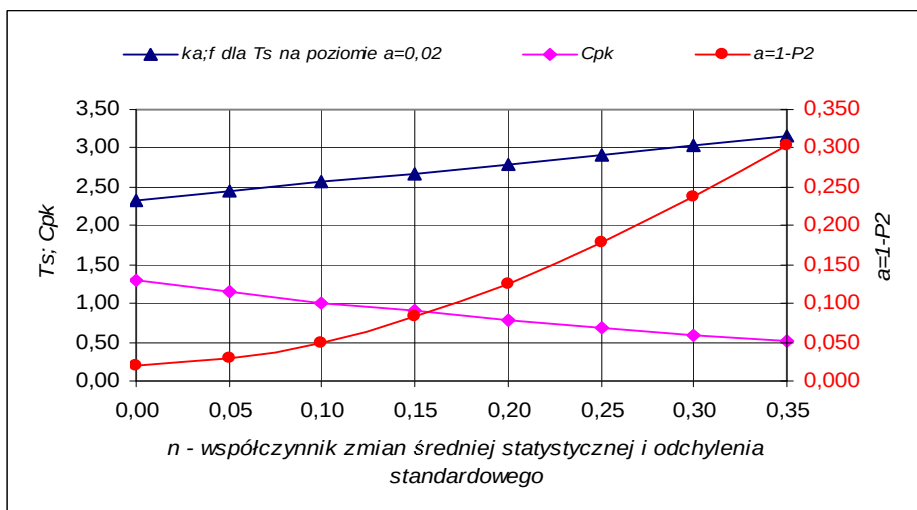
w zarządzaniu tzw. *filozofii six sigma* szczególnie dla procesów charakteryzujących się naturalnym trendem. W tym przypadku można uzyskać teoretyczny poziom wadliwości 0,23% ale dla zapewnienia takiego rezultatu wymagany jest istotny wzrost liczności obserwacji (pomiarów) oraz zmniejszenie ich niepewności w celu zapewnienia wiarygodności rezultatów. Przy zmienności kontrolowanej cechy procesu równej 0,03T, wymagana liczność obserwacji powinna wynosić  $n > 210$ ) [6].

Należy zwrócić uwagę, że wymaganej wiarygodności rezultatów kontroli statystycznej nie może zapewnić przyjęcie dowolnej procedury analizy statystycznej. Wiarygodność rezultatów może zapewnić tylko procedura badań dostosowana do właściwości fizycznych i statystycznych danego procesu oraz do procedury analizy i oceny kontrolowanej właściwości. Właściwie dobrana procedura badań statystycznych procesów powinna obejmować:

- ustalenie istotnych właściwości i optymalnego wskaźnika do oceny jakościowej
- sposób pobierania jednostek do badań gwarantujący reprezentatywność próbki,
- strategię pomiarów z uwzględnieniem niepewności pomiaru [3],
- badanie rozkładu kontrolowanej właściwości [5],
- wyznaczenie liczności obserwacji (liczności próby) [6].

Aktualna wiedza z zakresu kompleksowego zarządzania jakością *TQM* praktycznie jest dość skromna w odniesieniu do badań stochastycznych istotnych właściwości procesów w funkcji czasu, weryfikacji skuteczności statystycznych procedur w ocenie jakości jak również w wyznaczaniu ograniczonych zakresów kontroli.

Analiza teoretyczna statystycznych właściwości procesu [4] dowodzi istotności wpływu na ocenę jakości dwóch mierzalnych parametrów rozkładu kontrolowanej cechy t.j. zmienności wartości średniej i odchylenia standardowego rys.1.



**Rys. 1. Wpływ zmienności wartości średniej i odchylenia standardowego na parametry statystyczne procesu**

W praktyce parametry te są związane z oddziaływaniem na proces spłotu czynników o charakterze systematycznym i losowym, dlatego należy traktować ich wartości jako należące do przestrzeni probabilistycznej. Z tego względu przyjmując w kontroli jakości procesu określone wskaźniki statystyczne trzeba uwzględnić w analizie i ocenie jakości tego procesu ich rozkłady czasowe oraz skuteczność procedury oceny.

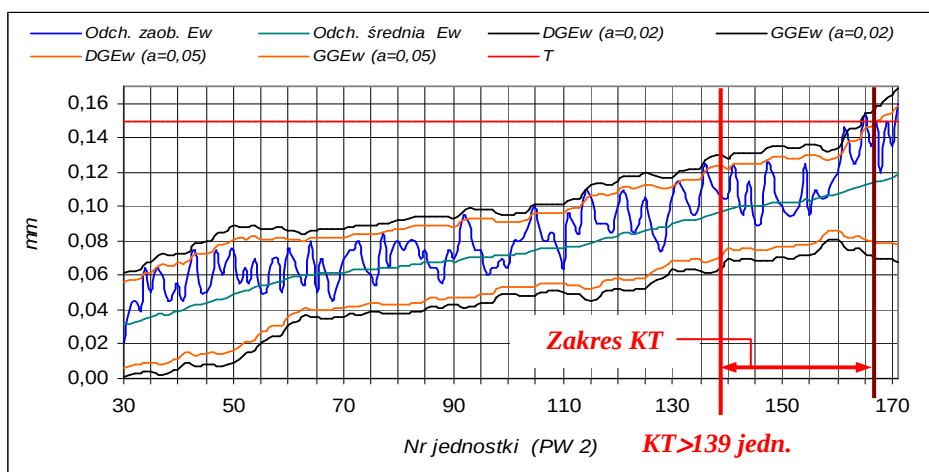
### 3. Badania skuteczności statystycznych procedur

Rezultaty moich wieloletnich badań i analiz dotyczących procesów technologicznych kształtujących cechy geometryczne powierzchni części maszyn [8] wskazują, że w ocenie jakości tych procesów należy uwzględnić zaobserwowane odchyłki geometryczne będące spłotem odchyłek wymiaru i kształtu [1]. Z szeregu przebadanych parametrów rozkładów odchyłek geometrycznych [5] można wykorzystać jako wskaźniki oceny procesu następujące:

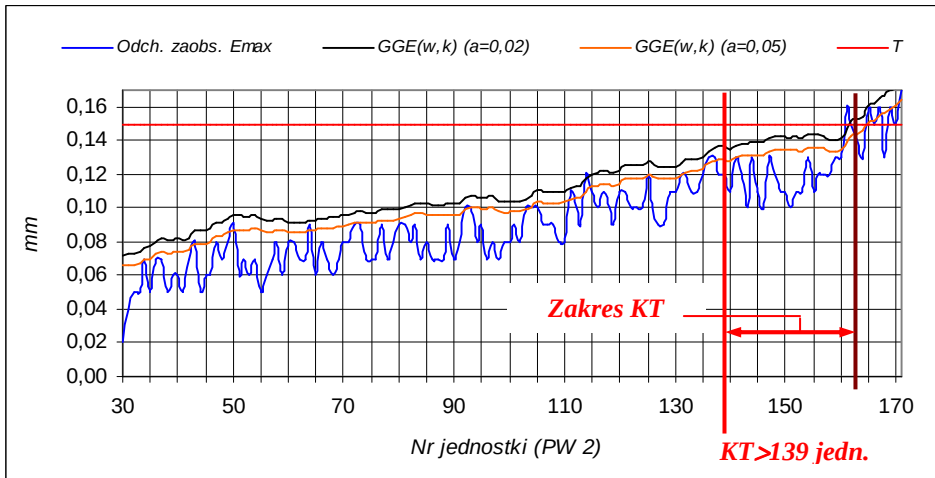
- górną granicę przedziału zmienności zaobserwowanych odchyłek wymiaru  $GGE_w$ ,
- górną granicę przedziału zmienności zaobserwowanych odchyłek geometrycznych  $GGE_{(w,k)}$ ,
- współczynnik zdolności procesu  $C_{pk}$ .



Wyniki badań czasowych rozkładów wybranych wskaźników przedstawiono na rys.2. dla górnej granicy przedziału zmienności zaobserwowanych odchyłek wymiaru  $GGE_w$ , a na rys.3. dla górnej granicy przedziału zmienności zaobserwowanych odchyłek geometrycznych  $GGE_{(w,k)}$ . W obu przypadkach przebieg granicznych wartości w/w wyznaczono na poziomie istotności  $\alpha=0,02$  i  $\alpha=0,05$ . Dodatkowo przedstawiono przebiegi maksymalnych wartości zaobserwowanych odchyłek geometrycznych. Jako zmienną niezależną przyjęto liczbę jednostek obrobionych powierzchni pośrednio określającą czas cyklu procesu ( $t_j=24s$ ) z uwagi na wykonywanie pomiaru odchyłek po zakończeniu obróbki każdej jednostki.



**Rys. 2. Wyznaczenie zakresu kontroli cyklu procesu w oparciu o kryterium granic zmienności  $GGE_{w2}$  i  $DGE_{w2}$  odchyłek wymiaru i tolerancji  $T$  z zaznaczeniem przebiegu wartości średniej odchyłek wymiarowych  $E_{w2}$**

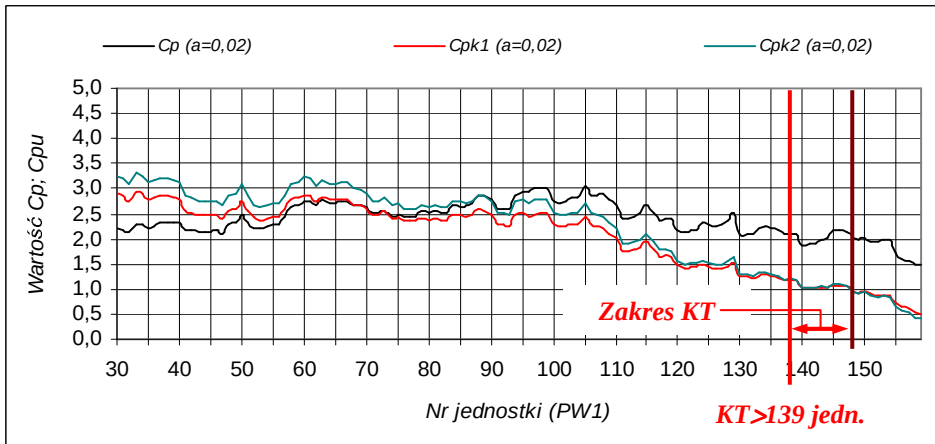


**Rys. 3. Wyznaczenie zakresu kontroli cyklu procesu w oparciu o kryterium górnych granic przedziału zmienności odchyłek geometrycznych  $GGE_{(w,k)2}$  i tolerancji  $T$  z zaznaczeniem przebiegu wartości zaobserwowanych odchyłek geometrycznych  $E_{r\max}$**

Rozkłady czasowe współczynników zdolności procesu  $C_{pk}$  przedstawiono na rys.4. dla dwóch sposobów uwzględnienia wpływu zmienności statystycznej wartości średniej rozkładu odchyłek wymiaru na wartość współczynnika zdolności procesu [8]:

- poprzez rozszerzenie przedziału tolerancji statystycznej  $T_S$  ( $C_{pk1}$ ),
- poprzez zawężenie (redukcję) tolerancji wymiaru operacji technologicznej o wartość średniej zmienności  $2\Delta\bar{u}_S$  rys.3.5. ( $C_{pk2}$ ).

Dodatkowo przedstawiono przebiegi czasowe współczynnika potencjalnej zdolności procesu. Przebiegi graniczne wartości w/w współczynników wyznaczono na poziomie istotności  $\alpha=0,02$ .



**Rys. 4. Wyznaczenie zakresu kontroli cyklu procesu w oparciu o kryterium współczynników zdolności procesu  $C_{pk1}$ ,  $C_{pk2}$  z zaznaczeniem przebiegu wartości zdolności potencjalnej  $C_p$**

Skuteczność oceny jakościowej obrobionych powierzchni jednostek dla w/w wskaźników wyznaczono przyjmując następujące kryteria

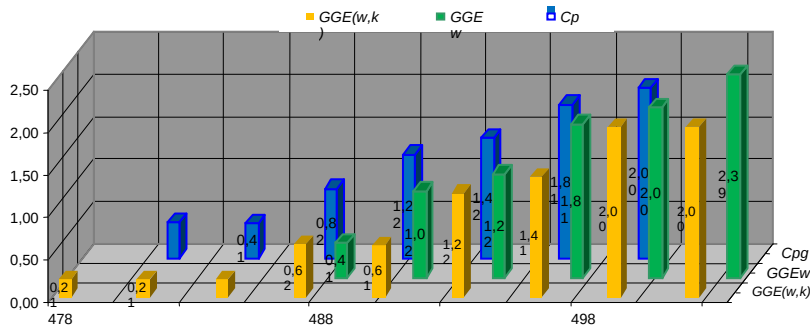
$$(GGE_w)_{n_k} \leq GGS \quad (2)$$

$$(GGE_{(w,k)})_{n_k} \leq GGS \quad (3)$$

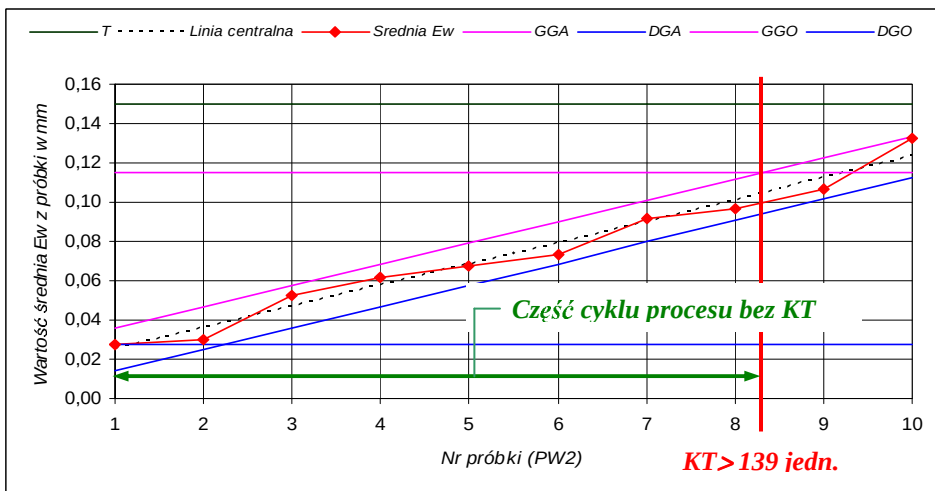
$$(C_{pk})_{n_k} \geq 1 \quad (4)$$

Wyniki skuteczności statystycznych procedur oceny jakości procesu opartych na w/w wskaźnikach statystycznego rozkładu odchyłek geometrycznych obrobionych powierzchni przedstawiono na rys.5. dla trzech cykli procesu wyznaczonych na podstawie okresowej trwałości ostrza skrawającego.

W celu zbadania skuteczności kontroli procesu przy pomocy kart kontrolnych i wyznaczania liczby jednostek wykonanych w cyklu procesu dla których można zrezygnować z kontroli zaprojektowano specjalną kartę kontrolną [2,7] dla procesu z naturalnym trendem dla której granice akceptacji wyznaczono metodą najmniejszych kwadratów. Wyniki badań przy pomocy tak zaprojektowanej karty przedstawiono na rys.6. Górną granicę ostrzegawczą karty wyznaczono uwzględniając zmienność rozkładu odchyłek geometrycznych i przyjęto jako kryterium do wyznaczania zakresu cyklu procesu dla którego można zrezygnować z kontroli przy skuteczności oceny  $\eta=0\%$  braków.



**Rys. 5. Porównanie  $\eta$  oceny jakości na poziomie  $\alpha=0,02$  przy pomocy wybranych wskaźników**



**Rys.6. Wyznaczenie części cyklu procesu technologicznego pozbawionego kontroli przy pomocy karty o granicach akceptacji wyznaczonych metodą najmniejszych kwadratów**

Górna granicę ostrzegawczą wyznaczono uwzględniając zmienność rozkładu odchyłek geometrycznych i przyjęto jako kryterium do wyznaczania zakresu cyklu procesu dla którego można zrezygnować z kontroli przy skuteczności oceny  $\eta=0\%$ .

#### 4. Wnioski końcowe

Przedstawione rezultaty badań dowodzą, że skuteczność oceny jakości cyklu procesu pozbawionego kontroli jest zróżnicowana w zależności od doboru statystycznej procedury uwzględniającej właściwości fizyczne i statystyczne procesu.

Najlepszą skuteczność  $\eta=0,21\%$  uzyskano dla procedury przyjmującej jako wskaźnik oceny jakości górną granicę przedziału zmienności zaobserwowanych odchyłek geometrycznych  $GGE_{(w,k)}$ . Pozostałe dwie procedury zapewniły skuteczność na poziomie  $\eta=0,4\%$ .

Skuteczność na poziomie  $\eta=0,0\%$  zapewnia karta kontrolna dostosowana do właściwości kontrolowanego procesu przy ograniczeniu okresu trwałości ostrza do 86% w stosunku do procedury opartej górnej granicy przedziału zmienności zaobserwowanych odchyłek geometrycznych.

Pozostałe 14% okresu trwałości ostrza można wykorzystać wprowadzając statystyczną kontrolę opartą na właściwie zaprojektowanej karcie kontroli alternatywnej.

#### LITERATURA

1. Adamczak S.: *Pomiary geometryczne powierzchni. Zarysy kształtu, falistość i chropowatość*. WNT, W-wa (2008),
2. Jokinen P. A.: *On the usage of spreadsheet packages for automating statistical process control tasks*. ISA Transactions 34; 29-37(1995).
3. Kuczmazewski J., Kujan K.: *Statystyczna analiza niepewności pomiarowej*. Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji, Komisja Budowy Maszyn PAN Poznań; 23(2); 97-109(2003),
4. Kujan K.: *Analiza statystyczna parametrów procesu*. Przegląd Mechaniczny 5s(2007),VIII Międzynarodowa konferencja naukowo-techniczna „Technologiczne systemy informacyjne w inżynierii produkcji” Kazimierz Dolny 2007,
5. Kujan K.: *Badanie rozkładu odchyłek geometrycznych w procesach obróbki skrawaniem*. Przegląd Mechaniczny 5s; 73-75(2007),
6. Kujan K.: *Wyznaczanie liczebności pomiarów odchyłek geometrycznych w statystycznej ocenie procesu. Determination of the number of geometric deviation measurements in statistical evaluation of a process*. Eksploatacja i Niezawodność, Maintenance and Reliability 4 (2008) 34-40,
7. Kujan K.: *The effectiveness of control charts in determination of process control ranges*. Monografia “Modelling and Designing in Production Engineering”, LTN, Lublin (2009), „Skuteczność kart kontrolnych w wyznaczaniu zakresów kontroli procesów”, IX Konferencja naukowo-techniczna „Technologiczne Systemy Informacyjne w Inżynierii produkcji i Kształceniu Technicznym” Kazimierz Dolny (2009),
8. Kujan K.: *Analiza skuteczności statystycznych procedur w kontroli i ocenie jakości na podstawie badań procesów obróbki skrawaniem*. WPL Lublin (2010),

# Skuteczność statystycznych procedur w kontroli i ocenie jakości geometrycznej

## Streszczenie

W artykule omówiono metodykę badań skuteczności statystycznych procedur w ocenie jakości procesu umożliwiających wyznaczanie czasowych cykli w toku procesu których nie powinna obejmować kontrola jakości lub w których może być ona znacząco ograniczona. Badania skoncentrowano na procesach obróbki skrawaniem charakteryzujących się naturalnym trendem czasowych rozkładów odchylek geometrycznych. Przedstawiono wyniki badań skuteczności statystycznych procedur i wyznaczonych cykli w których zrezygnować z kontroli jakości lub w których może być ona znacząco ograniczona. Wyniki badań i analiz przedstawiono w sposób graficzny.

**Słowa kluczowe:** skuteczność, statystyka, procedura, kontrola jakości, odchyłka

## Effectiveness of statistical procedures in control and geometrical quality assessment

### Abstract

The article presents the methodology of the research into the effectiveness of statistical procedures in quality of process assessment, that allows defining time cycles in which the process should not be inspected or when quality inspections can be significantly limited. Investigations were focused on the machining processes characterized by natural trend of the time distribution of systematic and random geometrical deviations. Research results of the effectiveness of statistical procedures and defined cycles in which quality inspection can be eliminated or considerably limited were introduced. The results of research and analyses were introduced graphically.

**Keywords:** Effectiveness, statistical, procedure, quality control, deviation

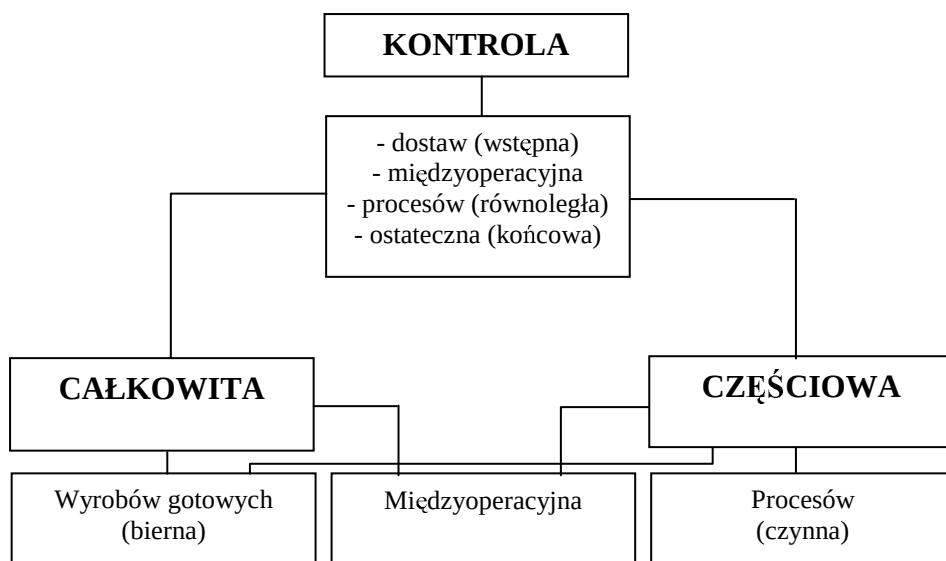
### Informacja o autorze

dr inż. Krzysztof Kujan  
Katedra Inżynierii Produkcji  
Wydział Mechaniczny  
Politechnika Lubelska  
ul. Nadbystrzycka 36  
e-mail: k.kujan@pollub.pl

# **Nowa koncepcja systemu kontroli jakości geometrycznej w inżynierii produkcji**

## **1. Wprowadzenie**

Kontrola jakości w inżynierii produkcji jest rozwijana wraz z rozwojem form produkcji i dostosowywana do właściwości kontrolowanych procesów i wymagań systemów zapewnienia jakości. Stosowane obecne rodzaje i formy kontroli jakości w uproszczeniu przedstawiono na rys.1.



**Rys. 1. Uproszczony schemat struktury kontroli jakości w inżynierii produkcji**

Wybór rodzaju lub formy kontroli jest w znacznym stopniu uzależniony od rodzaju produkcji i metody montażu (montaż z pełną zamiennością części lub montaż z niepełną zamiennością części).

Całkowite formy kontroli w produkcji z pełną zamiennością w inżynierii produkcji przemysłu budowy maszyn stosuje się bardzo rzadko (np.; w przypadkach uzasadnionych bezpieczeństwem, niewielką liczebnością jednostek w serii lub niemożliwością ustabilizowania procesu technologicznego w dostatecznym stopniu). Taka forma kontroli jest najczęściej podstawą produkcji opartej na selekcyjnej metodzie montażu z niepełną zamiennością części.

W produkcji z pełną zamiennością, z uwagi na koszty, dominującą formą kontroli jest kontrola częściowa oparta na statystyce matematycznej tzw. SPC. Kontrola częściowa może obejmować kontrolę produkcji (międzyoperacyjna lub odbiorcza wyrobów gotowych) lub kontrolę procesów i może mieć charakter kontroli biernej lub czynnej [3] w oddziaływaniu na jakość produkcji. Podstawowym warunkiem klasycznych form SPC jest liczebność i reprezentatywność próbki, ponieważ w ten sposób można zagwarantować wiarygodność oceny i wymagany poziom skuteczności oceny [7]. Prowadzone badania w zakresie skuteczności oceny klasycznych rodzajów SPC z wykorzystaniem kart kontrolnych Stewarda [6,7] dowodzą, że dla wadliwości niższych od 1% skuteczność oceny klasycznej SPC w odniesieniu do wielu procesów może być niezadowalająca.

## 2. Podstawa nowej koncepcji systemu kontroli

Pod koniec lat 70-tych, z uwagi na rosnące koszty kontroli i niezadowalającą skuteczność oceny, powstał pomysł ograniczania zakresów kontroli jakości produkcji. Prekursorem w tym był *dr W.E. Deming*, któremu przypisuje się sukcesy jakościowe przemysłu japońskiego. Sformułował on, powszechnie znane w naukach związanych z zarządzaniem, 14 zasad zarządzania jakością [1] z których trzecia zasada ma następujące brzmienie:

*Porzuć kontrolę dla zapewnienia jakości. Eliminuj masową kontrolę jakości na rzecz tworzenia jakości wraz z produktem.*

Nie oznacza to pozbawienia produkcji całkowitej kontroli ale kieruje odpowiedzialność za jakość produkcji na kontrolę procesów technologicznych. Zgodnie z tą zasadą można sformułować tezę na której powinna opierać się kontrola jakości w nowoczesnej inżynierii produkcji. Teza ta w odniesieniu do procesów charakteryzujących się trendem wartości średniej może mieć brzmienie [7]:

*Jeżeli znana jest realna skuteczność statystycznych procedur kontroli procesów i jeżeli proces technologiczny charakteryzuje się cyklicznie powtarzalnym trendem to w pewnych przedziałach czasu, bliskich lub równych okresowej trwałości ostrza, może być pozbawiony kontroli lub zakres kontroli tego procesu może być ograniczony do niewielkiej liczby jednostek.*

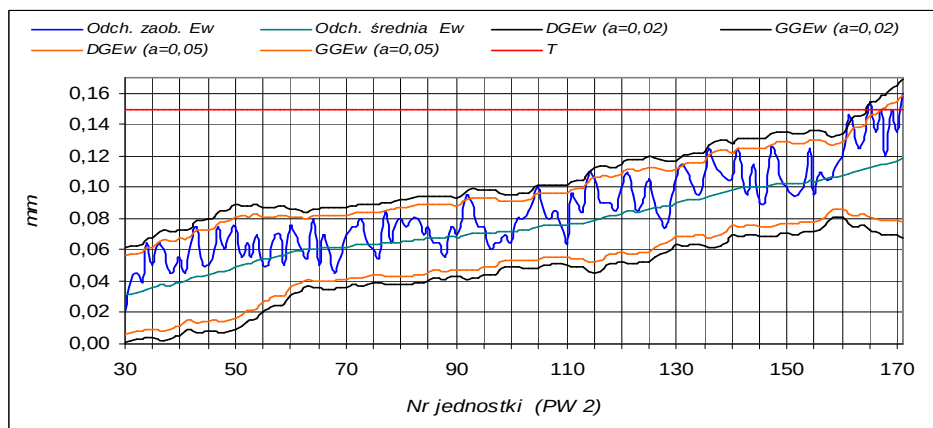
Z uwagi na powyższe nowoczesne systemy kontroli jakości niezależnie czy będą oparte na kontroli produkcji lub kontroli procesów powinny umożliwiać ograniczenie zakresu kontroli przy zapewnieniu wymaganego poziomu jakości. Ograniczanie zakresów kontroli jest możliwe pod warunkiem poznania wpływu na jakość czynników systematycznych związanych z właściwościami fizycznymi oraz czynników przypadkowych związanych z właściwościami statystycznymi kontrolowanego procesu [2,7].



### 3. Badania właściwości procesów

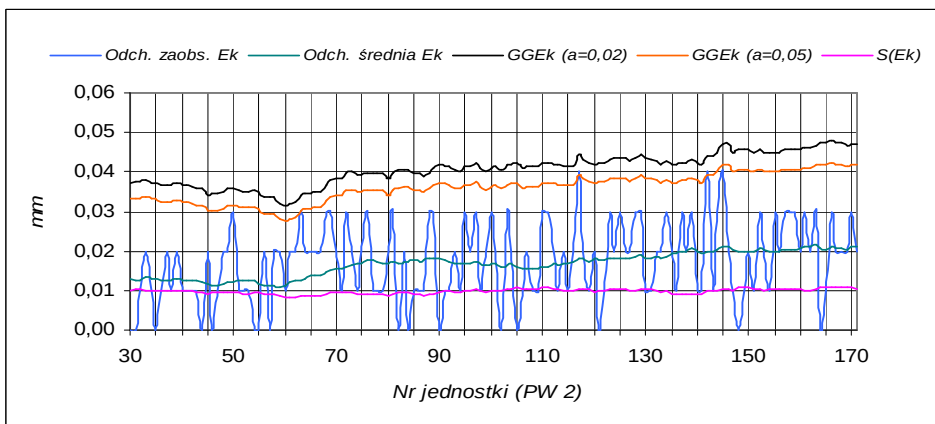
Procesy technologiczne, których przebiegi czasowe kontrolowanej właściwości nie wykazują trendu, mogą być statystycznie ustabilizowane i w tym przypadku ograniczenie zakresu kontroli procesu lub jej eliminacja nie powinno stanowić większego problemu.

W inżynierii produkcji opartej na kształtowaniu geometrycznych cech powierzchni części maszyn, w toku szeregu procesów technologicznych występuje systematyczny trend odchyłek geometrycznych. Dotyczy to przede wszystkim procesów obróbki skrawaniem z uwagi na przebieg naturalnego zużycia ostrza [8]. Prowadzone badania właściwości rozkładów odchyłek geometrycznych dla procesów obróbki skrawaniem dowodzą [2,4], że odchyłki wymiaru kolejno obrobionych jednostek powierzchni wykazują znaczący trend wartości średniej, praktycznie liniowy, w znacznej części cyklu pracy ostrza skrawającego rys.2.



**Rys. 2. Przebiegi wartości średniej odchyłek wymiarowych  $E_{w2}$ , granic zmienności  $GGE_{w2}$  i  $DGE_{w2}$  odchyłek wymiaru i tolerancji  $T$  w funkcji liczby jednostek obrobionych powierzchni**

Odchyłki kształtu kolejno obrobionych jednostek powierzchni wykazują nieznaczny trend wartości średniej praktycznie liniowy w cyklu pracy ostrza skrawającego rys.3.



**Rys. 3. Przebiegi wartości średniej zaobserwowanych odchyłek kształtu  $E_k$ , odchylenia standardowego odchyłek kształtu  $s(E_k)$  oraz statystycznej górnej granicy odchyłek kształtu  $GGE_k$  w funkcji liczby jednostek obrabianych powierzchni**

W rzeczywistości zaobserwowane odchyłki geometryczne zarysów obrabianych powierzchni są splotem m.in. odchyłek wymiaru i kształtu.

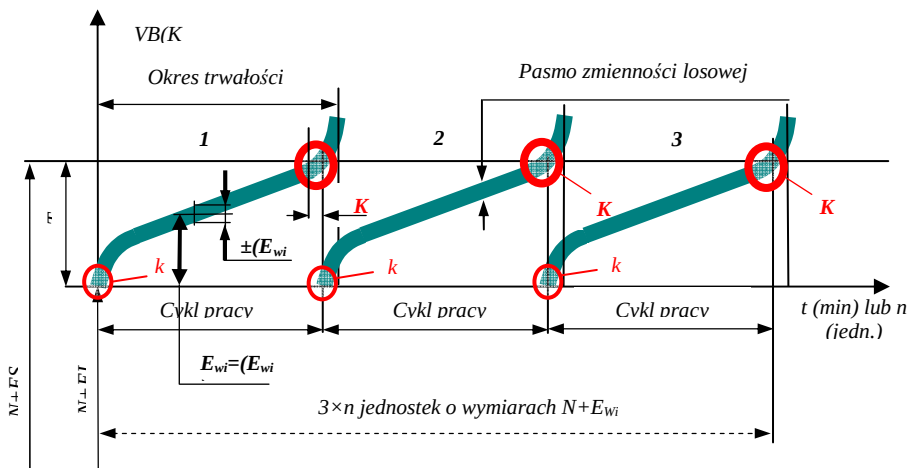
#### 4. Zakresy aktywności systemu kontroli jakości

Obecnie, podstawą oceny jakości tych procesów obróbki skrawaniem są najczęściej wartości odchyłek geometrycznych obrabianych powierzchni. W rezultacie występowania splotu odchyłek wymiaru i kształtu w tego typu procesach można traktować, że trend wartości średniej wymiaru określają odchyłki systematyczne  $(E_{wi})_s$  rys.2.) których wartości leżą w pewnej przestrzeni zdarzeń losowych określonej przez odchyłki przypadkowe  $(E_{wi})_p$  rys.2.).

Dla tych procesów nowoczesny system kontroli jakości eliminujący masową kontrolę może być zrealizowany na dwa sposoby poprzez:

1. Wyznaczenie zakresów aktywności systemu kontroli jakości do statystycznej kontroli tylko tych jednostek wyrobów dla których istnieje uzasadnione prawdopodobieństwo wystąpienia wadliwości wyższej od wymaganej. W tym przypadku aktywność systemu kontroli odchyłek geometrycznych powinna być ograniczona do niewielkiej liczby jednostek wykonanych na początku  $kT$  i na końcu  $KT$  cyklu pracy ostrza skrawającego rys. 4, ponieważ wtedy wartości odchyłek zaobserwowanych zbliżą się do granic tolerancji.

Zakresy aktywności systemu należy ustalić w oparciu o badania właściwości stochastycznych procesu na etapie uruchamiania, wybierając optymalny wskaźnik statystyczny rozkładu odchyłek zapewniający wymagana skuteczność zakresu kontroli.

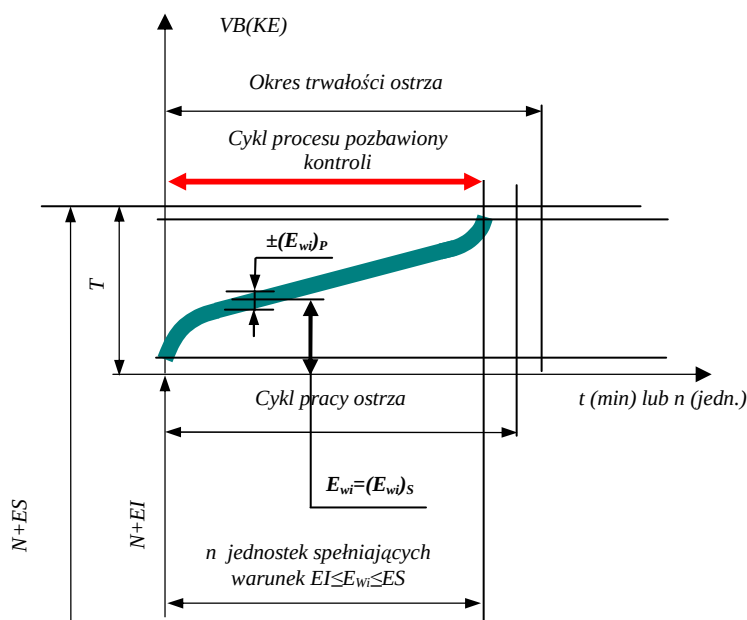


**Rys. 4. Cykle aktywności systemu kontroli obejmujące jednostki wyrobów, dla których istnieje uzasadnione prawdopodobieństwo wystąpienia wady**

2. Wyznaczenie cyklu pracy ostrza skrawającego dla którego proces może być pozbawiony kontroli przy zapewnieniu wymaganego poziomu jakości. W tym celu, na podstawie badań właściwości stochastycznych procesu na etapie jego uruchamiania, należy w oparciu o wybraną procedurę statystycznej kontroli rozkładu odchyłek, dokonać wyboru optymalnego wskaźnika statystycznego zapewniającego najlepszą skuteczność wyznaczenia cyklu pracy ostrza pozbawionego kontroli rys.5.

Niezależnie który z przedstawionych sposobów będzie stosowany w systemie kontroli jakości, należy zwrócić uwagę na konieczność prowadzenia okresowych badań procesu obejmujących kontrolę właściwości i powtarzalności rozkładu odchyłek geometrycznych w celu sprawdzenia czy przyjęty do oceny jakości procesu wskaźnik statystyczny zapewnia wymaganą wadliwość w wyznaczonym cyklu pracy ostrza skrawającego.

Wybór wskaźnika statystycznego do oceny wadliwości wyznaczonego cyklu pracy ostrza skrawającego powinien być optymalny dla danego procesu i warunków jego realizacji oraz powinien zapewnić wymaganą skuteczność oceny. Jako wskaźnik statystyczny może być przyjęty istotny parametr rozkładu statystycznego kontrolowanej właściwości procesu lub inny wskaźnik statystyczny np.; zdolność procesu.



**Rys. 5. Cykl procesu pozbawiony kontroli jakości jednostek wyrobów**

Okresowe badania właściwości i powtarzalności rozkładu odchyłek geometrycznych powinny koncentrować się na wyznaczaniu rozkładu czasowego wybranego wskaźnika statystycznego, ponieważ na tej podstawie można oceniać czy wyznaczone wartości graniczne kontrolowanej właściwości procesu oraz cykl pracy ostrza (wyrażony w jednostkach czasu lub w liczbach wykonanych jednostek) w którym wykonane jednostki mogą być pozbawione kontroli przy zapewnieniu wymaganego poziomu wadliwości.

## 5. Wnioski końcowe

Przedstawione sposoby nowoczesnego systemu kontroli jakości mogą być stosowane do procesów których właściwości statystyczne są poznane. Przyjmowany wskaźnik do wyznaczenia cyklu procesu pozbawionego kontroli lub cykli ograniczonej aktywności systemu kontroli powinien uwzględniać skuteczność statystycznych procedur oceny jakości przy pomocy wybranego wskaźnika dla danego procesu i w danych warunkach jego realizacji.

Obecny etap rozwoju inżynierii produkcji w budowie maszyn cechuje wysoki poziom jakości narzędzi skrawających i obrabiarek dzięki czemu istnieje realna możliwość zapewnienia powtarzalności rozkładu odchyłek geometrycznych w procesach obróbki [5]. W tych warunkach przedstawiona koncepcja systemu kontroli stanowi znacznie lepsze rozwiązanie niż klasyczna SPC, ponieważ jest w stanie zapewnić:

- wyższy poziom jakości z uwagi na skoncentrowanie kontroli na części cyklu pracy ostrza w którym występuje uzasadnione prawdopodobieństwo wystąpienia wady,

- niższe koszty z uwagi na większe ograniczenie liczby kontrolowanych jednostek niż zapewnia to klasyczna SPC.

## LITERATURA

1. Deming E.: *Out of Crisis, Center for Advanced engineering Study*. Massachusetts Institute of Technology, (1982, 1986),
2. Dietrich E., Schulze A.: *Statistische Verfahren zur Qualifikation von Messmitteln, Maschinen und Prozessen*. 3 Auflage, Carl Hanser Verlag (1998),
3. Jokinen P. A.: *On the usage of spreadsheet packages for automating statistical process control tasks*. ISA Transactions 34; 29-37(1995).
4. Kujan K.: *Badanie rozkładu odchyłek geometrycznych w procesach obróbki skrawaniem*. Przegląd Mechaniczny 5s; 73-75(2007),
5. Kujan K.; *Badania i analiza powtarzalności rozkładu odchyłek geometrycznych w procesie obróbki skrawaniem. Investigations and analysis of repeatability of geometric deviation distribution in the machining process*. Eksploatacja i Niezawodność, Maintenance and Reliability 3(2008),
6. Kujan K.; *The effectiveness of control charts in determination of process control ranges*. Monografia "Modelling and Designing in Production Engineering", LTN, Lublin (2009), „Skuteczność kart kontrolnych w wyznaczaniu zakresów kontroli procesów”, IX Konferencja naukowo-techniczna „Technologiczne Systemy Informacyjne w Inżynierii produkcji i Kształceniu Technicznym” Kazimierz Dolny (2009),
7. Kujan K.; *Analiza skuteczności statystycznych procedur w kontroli i ocenie jakości na podstawie badań procesów obróbki skrawaniem*. WPL Lublin (2010),
8. Żebrowski H. i inni; *Techniki wytwarzania. Obróbka wiórowa, ścierna i erozyjna*. OWPW, Wrocław (2004),

## **Nowa koncepcja systemu kontroli jakości geometrycznej w inżynierii produkcji**

### **Streszczenie**

W artykule przedstawiono nową koncepcję systemu kontroli jakości procesu technologicznego za podstawę której przyjęto trzecią zasadę W.E. Deminga. Koncepcja systemu dotyczy procesów charakteryzujących się naturalnym trendem. W opracowaniu koncepcji wykorzystano wyniki badań procesów obróbki skrawaniem z uwzględnieniem czasowych rozkładów odchyłek systematycznych i przypadkowych. Wyniki badań i analiz przedstawiono w sposób graficzny.

**Słowa kluczowe:** proces, kontrola jakości, trend, odchyłka

# **The new conception of the geometrical quality control system for production engineering**

## **Abstract**

The new conception of control system for quality of technological process, based on the 3<sup>rd</sup> Deming's principle, was introduced in the paper. The conception of the system applies to processes characterized by natural trend. The research results of machining processes were used in studies of the conception with regard of the time distribution of systematic and random deviations. The results of research and analyses were introduced graphically.

**Keywords:** process, quality control parameter, deviation

## **Informacja o autorze**

dr inż. Krzysztof Kujań  
Katedra Inżynierii Produkcji  
Wydział Mechaniczny  
Politechnika Lubelska  
ul. Nadbystrzycka 36  
e-mail: k.kujan@pollub.pl

## **EMAS w zakładzie przemysłowym**

### **Wstęp**

Różnego rodzaju organizacje coraz bardziej są zainteresowane osiąganiem i wykazywaniem efektów działalności środowiskowej poprzez wdrażanie nowych norm i rozporządzeń. Odbyna się to w warunkach coraz bardziej zaostrzających się przepisów prawnych, kształtowanej polityki rozwoju zrównoważonego i innych czynników sprzyjających ochronie środowiska oraz wzrastającej troski o sprawy środowiska. Zatem coraz częściej organizacje uwzględniają w swoim modelu zarządzania – zarządzanie środowiskiem. Zarządzanie środowiskiem oznacza taki sposób zarządzania organizacją, aby wytwarzane wyroby i świadczone usługi w jak najmniejszym stopniu oddziaływały na środowisko. Zarządzanie środowiskowe wymaga zastosowanie odpowiednich środków i metod, które umożliwiają realizację celów związanych z ochroną środowiska. Celem oceny i poprawy swojego oddziaływania na środowisko przedsiębiorstwa podejmują w tym zakresie różnorodne działania takie jak: przeglądy i audyty, czystsza produkcję (CP), stosowanie najlepszych dostępnych technologii (BAT), minimalizację odpadów, podnoszenie świadomości ludzi poprzez szkolenia itp. Aby działania te były skuteczne, konieczne jest prowadzenie ich w ramach uporządkowanego systemu zarządzania i zintegrowanie go w organizacji.

### **Czynniki wpływające na zarządzanie środowiskiem**

System zarządzania środowiskiem ma swoją specyfikę, która obejmuje zarządzanie użytkowaniem, ochroną i kształtowaniem środowiska w skali państwa, województwa, samorządu terytorialnego, a także zarządzanie ochroną środowiska lub zintegrowane zarządzanie środowiskiem w przedsiębiorstwie. Tak złożony system jest uzależniony od uwarunkowań polityczno – ustrojowych, miejsca polityki ekologicznej w ogólnej polityce państwa oraz narzędzi zarządzania, różnych w zależności od szczebla zarządzania. Pod pojęciem narzędzia zarządzania należy rozumieć instytucje polityczne i prawne oraz środki, instrumenty i procedury zarządzania, które zapewniają organizację systemu i jego wewnętrzne funkcjonowanie oraz regulacyjne oddziaływanie na obiekt zarządzania[2].

Do podstawowych i najważniejszych aktów prawnych w systemie polskiego prawa ochrony środowiska należy ustawa z 27 kwietnia 2001 roku – Prawo ochrony środowiska. Ustawa zapewnia zgodność z prawem Unii Europejskiej w ponad 20 dyrektywach.

Do najważniejszych aktów prawnych Wspólnoty Europejskiej w zakresie ochrony środowiska należy zaliczyć:

- Rozporządzenie w sprawie utworzenia Europejskiej Agencji Ochrony Środowiska oraz sieci informacji i obserwacji środowiska,
- Rozporządzenie w sprawie dobrowolnego uczestnictwa firm przemysłowych w systemie zarządzania ochroną środowiska i przeglądów ekologicznych,
- Dyrektywę w sprawie swobodnego dostępu do informacji o środowisku,
- Dyrektywę w sprawie zintegrowanego zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń.

### **Koncepcja rozwoju zrównoważonego**

Według Ustawy Prawo ochrony środowiska jest to taki rozwój społeczno-gospodarczy, w którym następuje proces integrowania działań politycznych, gospodarczych i społecznych, z zachowaniem równowagi przyrodniczej oraz trwałości podstawowych procesów przyrodniczych (Art.3 p.50)[1]. Również Konstytucja RP (Art.5) gwarantuje wszystkim obywatelom ochronę środowiska z zachowaniem zasad rozwoju zrównoważonego. Celem rozwoju zrównoważonego jest zapewnienie społeczeństwu długofalowej wizji rozwoju. Działania prowadzące do zaspokojenia bieżących potrzeb mogą mieć krótkoterminowy horyzont czasowy, jednak zawsze muszą przy tym uwzględniać perspektywę długoterminową. Zrównoważony rozwój jest koncepcją złożoną, obejmującą wszystkie obszary działania człowieka aż po szczebel lokalny, i:

- ma na celu podniesienie jakości życia zarówno obecnych, jak i przyszłych pokoleń przy jednoczesnym zachowaniu zdolności naszej planety do utrzymywania życia we wszelkich jego różnorodnych formach,
- opiera się na zasadach demokracji, rządach prawa i poszanowaniu podstawowych praw, w tym szans i zróżnicowania kulturowego,
- wspiera wysoki poziom zatrudnienia w gospodarce, której siałą opiera się na wykształceniu innowacyjności, spójności społecznej i terytorialnej oraz ochronie zdrowia ludzkiego i środowiska naturalnego.

Środowisko naturalne (ekosystem) ulega wskutek działalności człowieka nadmiernej eksploatacji. Zaspokajanie bieżących potrzeb przy jednoczesnym zmniejszeniu wpływu działalności człowieka stanowi wyzwanie wymagające wypracowania nowych koncepcji. Nadrzędnym elementem tego wyzwania jest ochrona środowiska życia i środowiska fizycznego, w tym zasobów naturalnych, procesów i równowagi w środowisku. Konieczne jest wyznaczenie niekiedy prostych celów, ale o fundamentalnym znaczeniu, takich jak:

- ograniczenie zjawiska globalnego ocieplenia,
- zatrzymanie procesu zanikania zróżnicowania biologicznego,



- kontrolowania i ograniczenie emisji trwałych zanieczyszczeń chemicznych,
- powrót do naturalnych cykli obiegu substancji odżywczych,

W ujęciu tradycyjnym rozwój gospodarczy postrzegany jest jako cel, zaś środowisko naturalne jako narzędzie pozwalające na korzystanie z zasobów naturalnych. Wzrost gospodarczy i negatywne oddziaływanie na środowisko muszą przestać iść ze sobą w parze dzięki poprawie efektywności ekologicznej. Polityka gospodarcza i mechanizmy rynkowe muszą wspierać zrównoważony rozwój, a nie działać na jego niekorzyść. Nie umniejszając wagi takich instrumentów jak prawodawstwo, świadomość publiczna itp. przyznać należy, że gospodarka jest niezwykle ważnym narzędziem zrównoważonego rozwoju, który – o ile jest stosowany we właściwy sposób – skutecznie motywuje do dokonywania takich wyborów, które wspierają zrównoważony rozwój. Tego rodzaju zachęty muszą istnieć na wszystkich szczeblach społeczeństwa i działać na korzyść zrównoważonego rozwoju poprzez:

- uczynienie inwestycji związanych ze zrównoważonym rozwojem zarówno w sektorze publicznym, jak i prywatnym opłacalnymi,
- ukierunkowanie badań naukowych na te obszary wiedzy i rozwiązań, które sprzyjają zrównoważonemu rozwojowi,
- oddziaływanie na decyzje konsumentów na wszystkich poziomach.

Uczynienie z gospodarki tak skutecznego narzędzia oznacza, że podczas podejmowania decyzji ekonomicznych i biznesowych muszą zostać uwzględnione wszystkie koszty danej działalności. Chodzi tu w szczególności o długoterminowe koszty związane z ochroną środowiska, a także koszty społeczne. Tego rodzaju faktyczne koszty muszą mieć odzwierciedlenie w cenach rynkowych. Można to osiągnąć poprzez zastosowanie odpowiednich środków fiskalnych, a także poprzez stworzenie rynków, na których odbywałby się obrót dobrami i usługami ekologicznymi po kosztach rzeczywistych. Przykładem próby stworzenia takiego rynku jest rynek dwutlenku węgla regulowany przepisami Protokołu z Kyoto.

Odnosząc koncepcje zrównoważonego rozwoju do zarządzania środowiskiem to przedsiębiorstwo musi uwzględniać założenia zrównoważonego rozwoju w każdej nowo realizowanej funkcji przedsiębiorstwa. Dwie podstawowe zasady zrównoważonego rozwoju, znajdujące zastosowanie w funkcjonowaniu przedsiębiorstwa, to przezorność (ang. precautionary principle) oraz zapobieganie zanieczyszczeniom (ang. pollution prevention). Obydwie mają charakter długoterminowy i strategiczny. Wymagają takiego planowania i prowadzenia działalności przedsiębiorstwa, w którym można przewidzieć potencjalne, negatywne skutki działalności gospodarczej i działania, które zapobiegą powstaniu zanieczyszczenia. Jeżeli przedsiębiorca nie będzie w stanie zapobiec negatywnemu oddziaływaniu na środowisko, będzie podejmował działania w celu ograniczenia stopnia tego oddziaływania przy zastosowaniu najlepszych dostępnych technik BAT (ang. best available techniques).

W każdym przypadku będzie finansowo odpowiedzialny za wyrządzone szkody według zasady - zanieczyszczający płaci (ang. polluter pays principle - PPP).

## **Wymagania rynku i klientów**

W połowie lat dziewięćdziesiątych nastąpił dynamiczny rozwój systemów zarządzania środowiskowego, zintegrowanych w ogólnym systemie zarządzania przedsiębiorstwem. Przyczyniły się do tego aspekty praktyczne, tj. wzrost świadomości ekologicznej społeczeństwa i teoretyczne pojawienie się sprawdzenie w praktyce koncepcji ciągłego doskonalenia procesu zarządzania według W. Deminga.

Głównym powodem proekologicznej reorientacji przedsiębiorców były zmiany w sposobie myślenia wysoko rozwiniętych społeczeństw. Ludzie stali się świadomi wagi środowiska w ich życiu i działalności gospodarczej. Przedsiębiorstwa pozostają w bezpośrednim kontakcie ze społeczeństwem za pośrednictwem swoich pracowników, klientów, dostawców, pracowników banków, firm ubezpieczeniowych, urzędów państwowych i samorządowych. Każda z tych grup może pomóc lub utrudnić osiąganie sukcesu gospodarczego w zależności, od tego, jak będzie postrzegać proekologiczny *image* firmy i jej wyrobów.

Pracownicy firmy uciążliwej dla środowiska, znajdując się pod presją rodziny i przyjaciół sami wywierają presję na organizację determinując zmianę polityki środowiskowej. Coraz więcej klientów poszukuje produktów, które są przyjazne środowisku, a unika towarów wyprodukowanych przez firmy znane z zanieczyszczania środowiska. Organizacje społeczne coraz częściej bojkotują i atakują firmy najbardziej uciążliwe dla środowiska.

Producenci także oczekują od swych kontrahentów „ekologicznych atestów” nabywanych surowców i materiałów. Nalegają na podanie szczegółowych informacji o rodzaju i stężeniu substancji zagrażających środowisku zawartych w surowcu. Także duży wpływ na proekologiczne zachowania firmy wywierają banki i towarzystwa ubezpieczeniowe. Preferują one jednostki efektywnie zarządzane, o mniejszym ryzyku ekologicznym.

## **EMAS**

9 czerwca 1993 roku Komisja Europejska wydała rozporządzenie dotyczące dobrowolnego udziału przedsiębiorstw przemysłowych we Wspólnym Schemacie Przeglądu Zarządzania Środowiskiem (ang. Eco-management and Audit Scheme - EMAS). 10 lipca 1993 roku opublikowano ją jako zarządzenie pod nazwą „Zarządzenie Komisji Wspólnot Europejskich w sprawie dopuszczenia do dobrowolnego udziału przedsiębiorstw sektora przemysłowego Wspólnoty w systemie eko-zarządzania i eko-auditów”.

EMAS wszedł w życie w kwietniu 1995 roku i jako zarządzenie został automatycznie wprowadzony we wszystkich krajach członkowskich Unii Europejskiej. Kraje członkowskie Unii Europejskiej miały obowiązek przygotowania systemu akredytacji weryfikatorów systemu zarządzania środowiskowego zgodnie z EMAS oraz systemu rejestracji przedsiębiorstw w rejestrze EMAS. Z dniem uzyskania przez Rzeczpospolitą Polską członkostwa w Unii Europejskiej również w naszym kraju weszła w życie ustawa o krajowym systemie eko-zarządzania i eko-audytu.

Podstawowym celem EMAS jest stworzenie systemu zarządzania ekologicznego w przedsiębiorstwie opartego na procesie ciągłych usprawnień zarówno w odniesieniu do procesów produkcyjnych jak i technik zarządzania. Cel ten można osiągnąć poprzez opracowanie i wdrożenie w przedsiębiorstwie polityk, programów środowiskowych, systematyczną, obiektywną i okresową ocenę funkcjonowania przedsiębiorstwa[3].

EMAS jest nie tylko systemem w pełni zgodnym z międzynarodową normą ISO 14001, ale ponadto stawia dodatkowe kryteria związane z aktywnym zaangażowaniem pracowników, dostosowaniem podejmowanych działań do regulacji prawnych i szeroko pojętą jawnością działań. System zapewnia przejrzysty schemat działania, który pomoże w wyznaczaniu zadań, ich monitorowaniu oraz wymianę informacji pomiędzy zainteresowanymi stronami. Dla organizacji posiadających certyfikat ISO 14001, wdrożenie systemu EMAS jest stosunkowo niewielkim ale logicznym krokiem w przyszłość. Przystępując do dobrowolnego uczestniczenia w programie EMAS każda organizacja zobowiązuje się do:

- wdrożenia i utrzymania systemu zarządzania środowiskowego, podlegającego rejestracji i poddawanego okresowemu sprawdzeniu przez akredytowanych weryfikatorów,
- publikowaniu raportu środowiskowego,
- prowadzenia cyklicznych audytów i zapewnienia dostępności informacji zawartych w deklaracji środowiskowej dla opinii publicznej i wszystkich zainteresowanych stron,
- wdrożeniu programu systematycznego zmniejszania skali oddziaływania na środowisko we wszystkich jego aspektach.

Rozporządzenie EMAS składa się z 18 Artykułów i 8 Załączników, które w odróżnieniu od innych standardowych systemów zarządzania stanowią integralną część Rozporządzenia - nie odgrywają tylko roli informacyjnej, ale zawierają wymagania, które muszą być spełnione. Załączniki zawierają takie informacje jak:

1. Wymagania Systemu Zarządzania Środowiskiem (zgodne z ISO 14001),
2. Wymagania dotyczące przeprowadzania wewnętrznego audytu środowiskowego,
3. Deklaracja środowiskowa,
4. Logo Rozporządzenia,
5. Akredytacja, nadzór i funkcje weryfikatorów środowiskowych,

6. Aspekty środowiskowe,
7. Przegląd środowiskowy,
8. Informacje dotyczące rejestracji.

Aby uzyskać rejestrację przedsiębiorstwa w systemie EMAS trzeba przejść następujące kroki [3]:

1. Opracowanie polityki środowiskowej: jest to dokument, który określa ogólne zamierzenia i zasady działania pro-środowiskowego organizacji. Dokument ten powinien zawierać:

- a) wyszczególnienie wszystkich znaczących kwestii środowiskowych,
- b) zgodność z legislacją środowiskową,
- c) zobowiązanie do osiągania poprawy w działaniach środowiskowych.

2. Wykonania wstępnego przeglądu środowiskowego: jest to szeroka analiza problemów środowiskowych spowodowanych działalnością organizacji (pośrednich i bezpośrednich) na przykład: dotyczących wytwarzanych odpadów, zużycia energii, emisji i zużycia materiałów.

3. Opracowanie programu środowiskowego:

- a) przygotowanie szczegółowego planu działania zarówno technicznego jak i organizacyjnego,
- b) ustalenie właściwych celów i mierników działania,
- c) systematyczna aktualizacja programu.

4. Ustanowienie systemu zarządzania środowiskiem (EMS): jest to system, który spełnia wymagania międzynarodowego standardu ISO 14000. W systemie tym należy ustalić procedury operacyjne i kontrolne z korzyści osiągnięcia celów ustalonych na etapie 2 lub 3. Ponadto należy: stworzyć cel osiągnięcia zamierzeń polityki, oprzeć system zarządzania środowiskiem na wstępnym przeglądzie środowiskowym, ustalić procedury operacyjne, potrzeby szkoleniowe oraz systemy monitoringu i komunikacji.

5. Przeprowadzenie wewnętrznego audytu środowiskowego: dotyczy oceny działania środowiskowego. Należy zwrócić uwagę na: ocenę systemu zarządzania, objęciu wszystkich działań i wszystkich znaczących oddziaływań na środowisko, sprawdzenie zgodności z polityką i programem środowiskowym.

6. Ponowny przegląd: należy poprawić błędy w systemie zarządzania środowiskiem oraz zaktualizować założenia środowiskowe.

7. Opracowanie deklaracji środowiskowej: ten dokument skierowany jest do udziałowców organizacji i przedstawia osiągnięcia i włożoną pracę, a także wymagania ciągłej poprawy działalności środowiskowej. Ponadto należy przedstawić politykę środowiskową, program oraz system zarządzania i opublikować wyniki dla zainteresowanych stron.

8. Uzyskanie zatwierdzenia i rejestracji: z tą chwilą, gdy wszystkie powyższe warunki zostaną spełnione, niezależny weryfikator poświadczy, że polityka środowiskowa, system zarządzania środowiskiem, audyt i deklaracja środowiskowa jest zgodna z zasadami EMAS. Po upublicznieniu otrzymania certyfikatu przedsiębiorstwo zostaje umieszczone na liście organizacji zarejestrowanych w EMAS i ma prawo do używania logo systemu.

Dzięki wdrożeniu systemu EMAS przedsiębiorstwo nie tylko osiąga korzyści środowiskowe takie jak: poprawa poziomu zdrowia indywidualnego, jak i publicznego oraz pomoc w bardziej zrównoważonym korzystaniu z zasobów, ale także osiąga korzyści kierownicze, prawne jak i dobrą reputację. Logo systemu EMAS jest świadectwem wiarygodności. Powoduje to jasną i sprawdzalną drogę pokazania udziałowcom i akcjonariuszom, że firma jest zaangażowana w poprawę działania środowiskowego i posiada środowiskowy rejestr. Ponadto przyczynia się do poprawy pozycji rynkowej firmy, jak i wykazaniu inwestorom, że przedsiębiorstwo jest dobrze zarządzane, a jego produkty (usługi) i działalność są przyjazne środowisku. Do korzyści kierowniczych należy zaliczyć zapewnienie systematycznej pracy w ustaleniu nowych celów, mierników kontroli, monitoringu i systematycznym raportowaniu prowadzonej działalności oraz wzbogacaniu procesu środowiskowej innowacyjności. Korzyści prawne to przede wszystkim utrzymanie zgodności prawnej, z prawem środowiskowym oraz dobrowolnych i umownych porozumień, co powoduje ułatwie w uzyskaniu pozwoleń środowiskowych. Ponadto powoduje pomoc w wzajemnych kontaktach organizacji i instytucji rządowych zajmujących się środowiskiem oraz odpowiada na rosnący nacisk opinii publicznej i ostre wymagania prawne dotyczące raportowania środowiskowego. Jest wiele różnych organizacji w Unii Europejskiej, które wdrożyły system EMAS, między innymi: Artic Paper Kostrzyn S.A. (Polska), Shell i Vodafone (Wielka Brytania), Luthansa (Niemcy) oraz Volvo (Szwecja)[3].

### **Podobieństwa i różnice między systemami ISO 14001 i EMAS**

Organizacje wdrażające SZŚ często zadają pytanie czy starać się o certyfikat zgodności z normą ISO 14001 czy też o rejestrację w systemie EMAS. Odpowiedź na to pytanie wymaga uwzględniania podstawowych różnic i podobieństw między tymi standardami. Na początek należy stwierdzić, że systemy zarządzania środowiskowego, zgodne zarówno z normą ISO 14001 jak i Rozporządzeniem EMAS, oparte są na tym samym założeniu: niektóre organizacje są skłonne do podejmowania działań wybiegających poza obowiązki wynikające z przepisów prawa i mają ten sam cel: stałe ograniczanie negatywnego oddziaływania na środowisko poprzez stały nadzór nad działaniami, usługami i wyrobami związanymi ze znaczącymi aspektami środowiskowymi oraz stawianie i osiąganie realnych celów w tym zakresie. Przed nowelizacją Rozporządzenia EMAS w 2001 r. analizowano różnice wymagań zawartych w obu dokumentach. Obecnie, ze względu na włączenie treści normy ISO 14001 do Rozporządzenia EMAS, można ograniczyć się do identyfikacji dodatkowych wymagań stawianych organizacjom w systemie EMAS. Wdrożenie SZŚ w oparciu o wymagania normy ISO 14001 można więc traktować jako krok w kierunku rejestracji w systemie EMAS.

Wiele różnic między Rozporządzeniem EMAS a normą ISO 14001 ma czysto formalny charakter. W praktyce większość systemów opartych na normie ISO 14001 spełnia niemal wszystkie wymagania Rozporządzenia EMAS. Rozporządzenie EMAS w sposób bardziej szczegółowy określa obowiązki dotyczące przeprowadzenia wstępnego przeglądu środowiskowego, metodyki i częstotliwości audytów wewnętrznych, nadzorowania dostawców i podwykonawców oraz zaangażowania pracowników. W praktyce, różnica między Rozporządzeniem EMAS a normą ISO 14001 polega na obowiązku publikowania deklaracji środowiskowej oraz innym podejściu do zgodności z prawem. Ta ostatnia nie wynika zresztą bezpośrednio z wymagań, ale z faktu, że w procedurę rejestracji w systemie EMAS zaangażowane są organy administracji odpowiedzialne za nadzór nad spełnianiem wymagań prawnych. Organy te mają wpływ na decyzje o rejestracji oraz ewentualnym zawieszeniu bądź wykreśleniu z rejestru. W związku z tym organizacje starające się o rejestrację w systemie EMAS przykładają większą wagę do zgodności z prawem, a fakt rejestracji gwarantuje w większym stopniu zgodność z wymaganiami prawnymi. Ponadto udział w systemie EMAS daje organizacjom skuteczne instrumenty promocji: możliwość stosowania logo oraz wpis do wspólnotowego rejestru EMAS. Rejestr ten umożliwia wszystkim zainteresowanym poszukiwanie partnerów spełniających wysokie standardy w zakresie ochrony środowiska.

Różnice i podobieństwa między opisanymi powyżej systemami zarządzania środowiskiem przedstawia tabela 1.

**Tabela 1. Różnice i podobieństwa między ISO 14001 i EMAS**

| PODOBIEŃSTWA<br>ISO 14001 i EMAS         | RÓŻNICE                                                                                         |                                                                                                                                    |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                          | ISO 14001                                                                                       | EMAS                                                                                                                               |
| Pierwszy raport ekologiczny              | • dobrowolny                                                                                    | • obowiązkowy                                                                                                                      |
| Polityka ekologiczna                     | • organizacja powinna ustanowić i wykonywać procedurę identyfikowania wymagań prawnych i innych | • przestrzeganie stosownych przepisów odnoszących się do ochrony środowiska<br>• musi być opublikowana w oświadczeniu ekologicznym |
| Cele i zadania                           | • muszą być związane z polityką środowiskową                                                    | • nie wspomniano o zadaniach<br>• cele powinny być określone liczbowo i terminowo                                                  |
| Programy ekologiczne                     | • programy muszą być odpowiednie do celów i zadań                                               | • osobne programy muszą być wykorzystywane do nowych działań                                                                       |
| System Zarządzania Środowiskowego        | • odnośnie do organizacji<br>• dokumentacja SZŚ i kontrola dokumentacji                         | • odnośnie do miejsca firmy<br>• komunikacja z administracją                                                                       |
| Kontrola ekologiczna (audyty wewnętrzne) | • audyty wewnętrzne systemu w dobrowolnym cyklu kontrolnym                                      | • ocena procesów w celu ochrony środowiska<br>• co trzy lata                                                                       |
| Certyfikacja (rejestracja)               | • przez akredytowane jednostki certyfikujące                                                    | • tylko przez akredytowaną osobę lub instytucję do spraw walidacji ekologicznej powołaną przez władze kraju członkowskiego         |

## Podsumowanie

Przedsiębiorstwa, które poddały swój SZŚ certyfikacji na zgodność z normą ISO 14001 starając się o rejestrację w systemie EMAS, nie muszą rozpoczynać przygotowań od zera. Ich system spełnia większość wymagań Rozporządzenia EMAS, a akredytowany weryfikator będzie sprawdzał jedynie dodatkowe elementy nie wymagane przez normę ISO 14001. Przedsiębiorstwo może zastosować krótszą ścieżkę wdrażania i weryfikacji w systemie EMAS, pod warunkiem że certyfikat ISO 14001 został wydany przez jednostkę posiadającą akredytację zaakceptowaną przez Komisję Europejską.

Statystyki wskazują, że certyfikacja na zgodność z normą ISO 14001 jest wciąż znacznie bardziej popularna niż rejestracja w systemie EMAS. Trudno jednoznacznie stwierdzić, w jakim stopniu wpływają na ten stan rzeczy dodatkowe wymagania Rozporządzenia EMAS, a w jakim ograniczona do terenu państw członkowskich UE możliwość stosowania Rozporządzenia EMAS. Biorąc pod uwagę dodatkowe wymagania oraz bardziej szczelny system rejestracji, wydaje się, że rejestracja w systemie EMAS stanowi interesującą alternatywę dla najlepszych organizacji, tj. tych, które chcą osiągnąć więcej niż minimum wymagań określonych w normie ISO 14001. System EMAS oferuje organizacjom także dodatkowe możliwości w zakresie promocji, tj. wpis do unijnego rejestru oraz możliwość korzystania z oficjalnego logo systemu.

## LITERATURA

1. Dz. U. Nr62, poz. 627, z dn. 27.04.2001, Warszawa 2001
2. B. Poskrobko, Zarządzanie Środowiskiem, PWE, Warszawa 1998
3. Poradnik przygotowujący do rejestracji w systemie EMAS, Narodowa Fundacja ochrony Środowiska, Warszawa 2003
4. PN-ISO 14004, 1998 System Zarządzania Środowiskowego, Ogólne wytyczne dotyczące zasad, systemów MAS technik wspomagających, PKN, Warszawa 1998
5. PN-N 18001:2004 Systemy Zarządzania Bezpieczeństwem i Higieną Pracy

## EMAS w zakładzie przemysłowym

### Streszczenie

EMAS to system zarządzania ekologicznego w przedsiębiorstwie poprzez wdrażanie polityk, programów środowiskowych, systematyczną obiektywną i okresową ocenę funkcjonowania przedsiębiorstwa. Korzyści płynące z wdrożenia EMAS w przedsiębiorstwie to głównie poprawa poziomu życia społeczeństwa, zrównoważone korzystanie z zasobów, korzyści prawne i dobra reputacja.

**Słowa kluczowe:** EMAS, zarządzanie środowiskowe, środowisko naturalne

## **Abstract**

EMAS is a system of environmental management in the enterprise through the implementation of policies, environmental programs, systematic objective and periodic evaluation of the company. The benefits of EMAS implementation in the enterprise is mainly to improve the level of society, sustainable use of resources, legal benefits and reputation.

**Keywords:** EMAS, environmental management, environmental

### **Informacja o autorze**

dr inż. Tomasz Gorecki  
Instytut Technologicznych Systemów Informacyjnych  
Wydział Mechaniczny  
Politechnika Lubelska  
ul. Nadbystrzycka 36  
e-mail: [t.gorecki@pollub.pl](mailto:t.gorecki@pollub.pl)



## Modelowanie matematyczne zagadnień inżynierskich w Matlabie

### Wprowadzenie

Pod pojęciem „model” kryje się wiele znaczeń. „Modelem” określa się opcjonalny egzemplarz danej maszyny czy urządzenia (model marki samochodu), wzór danego wyrobu (model ubrania, model telefonu), a także zmniejszone i zdolne do działania formy środków komunikacji (model samolotu), które tak naprawdę nie służą pierwotnemu przeznaczeniu. Kopie budynków czy urządzeń, odzwierciedlające ich kształt, które posiadają znacznie mniejsze gabaryty niż gotowe konstrukcje również zwykło się nazywać modelami. „Model”, to także urządzenie w którym urzeczywistnia się jakieś zjawisko podobne do innego określonego zjawiska. W nauce poprzez słowo „model” rozumie się także środki poglądowe, które posiadają zmniejszone lub zwiększone wymiary w porównaniu do obiektu oryginalnego – przykładem może tu być model budowy atomu [4].

We współczesnym świecie słowo „model” posiada wiele różnych znaczeń. Jednak, aby w pełni móc wykorzystać model jako środek poznania naukowego, należy termin ten uściślić i sprecyzować. Najczęściej, używając modelu w nauce, przyjmuje się następującą definicję: **„Model”** to taki dający się pomyśleć lub fizycznie zrealizować układ, który odtwarzając przedmiot badań, zdolny jest go zastępować tak, że jego badanie pozwala na sprawdzenie informacji już posiadanych o przedmiocie badań, a także może dostarczać nam na jego temat informacji nowej. [1] Tak określona definicja modelu może być w pełni wykorzystana w nauce. Sam model jest przedmiotem modelowania, które natomiast jest narzędziem badania doświadczalnego. Celem modelowania jest badanie interesujących zjawisk w odpowiednio przygotowanym modelu, a także wyciągnięcie odpowiednich wniosków [5].

Analizując powyższą definicję modelu, należy zwrócić uwagę na dwa aspekty pojęcia „model”. Pierwszy widoczny jest w definicji i mówi o dającym się fizycznie zrealizować układzie, natomiast drugi jest zawarty w samym stosowaniu pojęcia „model”. „Model”, oprócz fizycznie zrealizowanego układu, ma także być źródłem informacji. Aby uzyskać odpowiednie informacje, niezbędny jest opis zachodzących zjawisk. W nauce oraz technice do tego celu wykorzystywany jest opis matematyczny. Służy on do przedstawienia i opisywania różnorodnych zjawisk. Jest bardzo użytecznym i komunikatywnym narzędziem. Dlatego też zasadne jest rozróżnienie modelowania fizycznego oraz modelowania matematycznego [1].

## MODELOWANIE FIZYCZNE I MATEMATYCZNE

Modelowanie fizyczne obejmuje wyodrębnienie z rozpatrywanego układu rzeczywistego istotnych cech – praw fizycznych rządzącym zjawiskami obecnymi w układzie, ustalenie cech jakościowych i ilościowych układu, ustalenie wielkości wejściowych i wyjściowych. Efektem takiego modelowania jest niesformalizowany matematycznie zbiór informacji, który określa się mianem modelu fizycznego. Tak powstały zbiór informacji należy odpowiednio opisać tworząc zapis matematyczny, który będzie adekwatny do układu rzeczywistego, wyrażonego za pomocą modelu fizycznego. Formułowanie odpowiedniego zapisu matematycznego nazywamy modelowaniem matematycznym [1].

Modelowanie matematyczne najczęściej polega na wykorzystaniu podstawowych praw fizycznych, takich jak np. prawo Kirchhoffa, Maxwella, Newtona czy prawo równowagi sił, mas, energii. Należy uprzednio określić jakie prawa obowiązują w rozpatrywanych procesach elektrycznych, mechanicznych, termodynamicznych lub innych. Ze stosowanych praw wynikają zależności sformułowane za pomocą równań różniczkowych, całkowych czy algebraicznych. Jeżeli w rozpatrywanym opisie matematycznym zjawiska pojawią się niewiadome, wówczas określa się je na podstawie danych tabelarycznych, ewentualnie przez odpowiednie pomiary lub złożone badania eksperymentalne. Problemami związanymi z wyznaczaniem współczynników oraz oceną słuszności modelu matematycznego w odniesieniu do modelu fizycznego zajmuje się dziedzina wiedzy zwana identyfikacją. Modelowanie matematyczne rozpoczyna budowanie schematu ideowego rozpatrywanego zjawiska. Tworzenie takiego schematu, polega głównie na eliminowaniu zjawisk mających mały wpływ na właściwości procesu oraz definiowaniu założeń pozwalających uprościć modelowanie. Następnie poprzez formułowanie odpowiedniego opisu matematycznego tworzy się model matematyczny. Etapy te za sobą ściśle powiązane, gdyż budowa schematu ideowego oraz jej założenia upraszczające są określone przez możliwości później formułowanego opisu matematycznego. Natomiast powstały opis pozwala na zweryfikowanie słuszności przyjętych założeń. [3]

Odpowiednio przygotowany opis matematyczny pozwala na wnikliwą analizę rozpatrywanego zagadnienia. Modelowanie matematyczne można wykorzystać w każdej dziedzinie życia – w medycynie, ekonomii, a nade wszystko w naukach technicznych. Modelowanie matematyczne w rękach inżyniera jest niewątpliwie narzędziem, które znacznie ułatwia pracę. Obserwacje prowadzone na modelu matematycznym pozwalają ominąć ograniczenia związane ze skalą, czasem czy kosztami [1]. Ważną zaletą tworzenia i wykorzystywania opisu matematycznego procesów i zagadnień, jest możliwość realizowania modelowania matematycznego za pomocą komputerów. Odpowiednie oprogramowanie znacznie ułatwia proces modelowania, a także analizę otrzymanych w ten sposób wyników.

## MODELOWANIE W TECHNICIE

Model jest uproszczeniem istniejących zjawisk zachodzących w rzeczywistości, systemów i procesów. Wszyscy posługują się modelami a zwłaszcza nauka, w której modelowanie jest jedną z podstawowych metod badawczych. Model jest celowo dobranym układem cech przedmiotów poddanej naszej badawczej uwadze.

Rozpoznanie obiektu, w celu stworzenia najodpowiedniejszego dla danych potrzeb modelu tego obiektu, nazywane jest identyfikacją. Identyfikację należy traktować jako pewnego rodzaju proces pomocniczy, stosowany we wszelkiej działalności twórczej, zarówno na gruncie badań naukowych, jak i w praktyce technicznej. Proces identyfikacji w tym sensie, polega na porównaniu, celem ustalenia obiektu będącego przedmiotem zainteresowania, z modelem, który bądź powstaje w wyniku przebiegu procesu identyfikacji, bądź został pobrany z banku modeli, właściwego dla odpowiedniej dziedziny wiedzy [6].

Cel tworzenia modeli w technice:

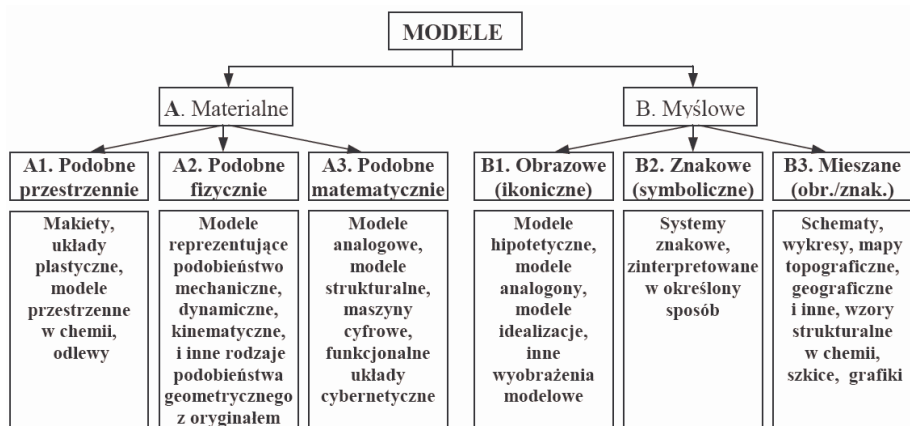
- dla potrzeb projektowania, model służy do optymalizacji konstrukcji i jego parametryzacji. Jest narzędziem oceny jakości projektu poprzez eliminację słabych ogniw projektowania systemów nadzoru (modele funkcjonalne i niezawodnościowe),
- dla potrzeb użytkownika i sterowania model jest wykorzystywany do podejmowania decyzji z działającym układem (zakres działań obsługowych, decyzje eksploatacyjne, itp.),
- dla potrzeb diagnozowania, gdzie model ma posłużyć do ustalenia algorytmu diagnozowania, który określa postać obiektu.

Klasyfikacja modeli z punktu widzenia sposobu odtwarzania rzeczywistości:

- modele strukturalne – obrazują więzy i lokalizację geometryczną wyróżnionych elementów. Modele te mają zazwyczaj postać: relacji logicznych, opisowo-graficznych,
- modele funkcjonalne – pokazują oddziaływania różnych elementów obiektu na poszczególne funkcje wykonywane przez obiekt, np. modele opisowo-graficzne, schematy blokowe itp.
- modele badawcze – które dzielą się na:
  - o modele ideowe - ukazujące sposób działania określonych zadań, np. schematy elektryczne,
  - o modele analityczne – pozwalają ilościowo określić prawidłowość obiektu, np. schematy elektryczne. Przyjmują zazwyczaj postać matematyczną np.: zależności matematyczne macierze itp.

Klasyfikacja modeli z punktu widzenia sposobu odtwarzania rzeczywistości, w której wyróżnia się dwie grupy modeli (rys. 1):

- materialne,
- myślowe.



**Rys. 1. Rodzaje modelowania [6]**

Korzyści przy rozwiązywaniu zadań za pomocą modelowania:

1. Model daje możliwość przeprowadzenia symulacji, wirtualnego badania i szybkich przekształceń w projekcie.
2. W modelu mamy możliwość określenia zależności pomiędzy parametrami symptomów diagnostycznych i właściwościami stanu obiektu.
3. Metody modelowania i symulacji obniżają koszty i skracają czas powstawanie nowych procesów i wyrobów.

Modelowanie jest pierwszym etapem każdego procesu badawczego czy aplikacyjnego. W modelowaniu upraszczamy rzeczywistość do opisu formalnego. Upraszczenie to jest ograniczone pewnymi warunkami:

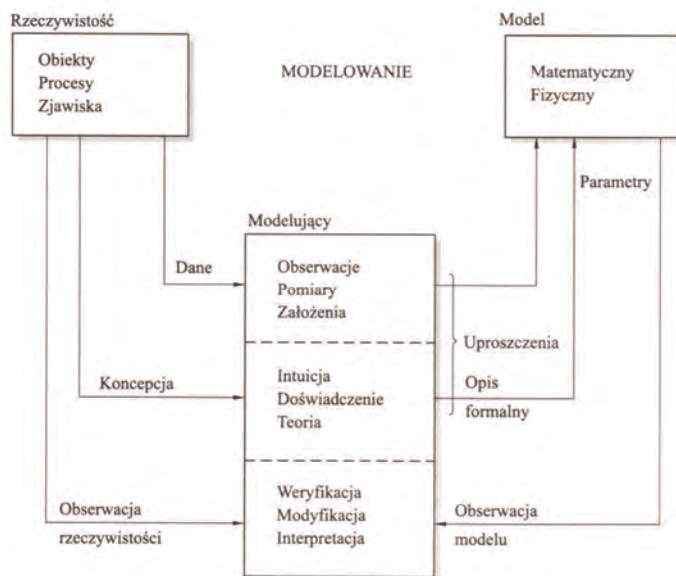
- maksymalizacja adekwatności modelu i rzeczywistości,
- minimalizacją założeń opisu formalnego.

Warunki są jak widać przeciwstawne.

Proces modelowania przedstawiony jest schematycznie na rys. 2. Modelujący, mając dane i ustaloną koncepcję modelu, dokonuje uproszczenia przez wybór parametrów i funkcji służących opisowi formalnemu [8].

Rozwiązywanie dużej ilości zagadnień mechaniki polega na definiowaniu pól różnej wielkości występującej w przestrzeni materialnej. Interesujące nas pole w rozpatrywanym aspekcie jest zazwyczaj określane przez nieskończoną liczbę parametrów, gdyż jest funkcją każdego z nieskończonej liczby punktów materialnych. Opis matematyczny uzyskujemy poprzez badanie nieskończonego małego ośrodka ciągłego, którego wynikiem są równania różniczkowe przedstawiające matematyczny model problemu. Metoda przy pomocy, której otrzymujemy takie rozwiązania nazywamy metodą analityczną. Jednym z głównych problemów technicznych jest badanie obiektów o skomplikowanym kształcie, właściwościach i różnorodnych uwarunkowaniach. Rozwiązaniem takich przypadków jest uzyskanie rozwiązań przybliżonych poprzez dyskretyzację.

Proces ten polega na przekształceniu pola wyrażonego nieskończoną liczbą parametrów w opis wyrażony przez odpowiednią liczbę wartości zlokalizowanej w skończonej liczbie punktów (węzłów). Poza zdefiniowaniem parametrów i węzłów należy określić funkcyjny opis zmienności pola pomiędzy węzłami. Określane funkcje nazywane są funkcjami interpolacyjnymi lub funkcjami kształtu. Aby uzyskać poprawne rozwiązania należy poprawnie dobrać parametry, węzły i funkcje interpolacyjne. Za pomocą dyskretyzacji dochodzimy do uzyskania dyskretnego modelu obliczeniowego.



**Rys. 2. Schematyczny proces modelowania [6]**

Metody otrzymywania modelu dyskretnego:

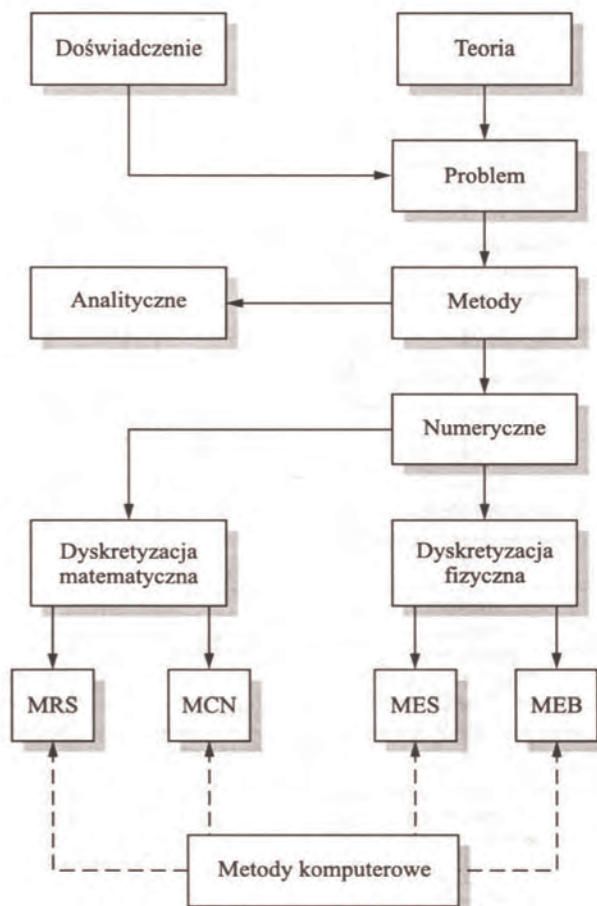
- dyskretyzacja równań różniczkowych opisujących kontinuum, prowadząca do klasycznej metody różnic skończonych (MRS),
- dyskretyzacja fizyczna (MES) polega na: podziale rozpatrywanego kontinuum na skończoną liczbę części o podobnym kształcie, złożeniu elementów w węzłach, obraniu parametrów węzłowych oraz funkcji interpolacyjnych; ustaleniu związków pomiędzy parametrami węzłowymi i połączeniu elementów w jedną całość.

Poza metodami MRS i MES istnieją inne metody numeryczne stosowane w mechanice. Dyskretyzację matematyczną wykorzystuje np. grupa metod wykorzystujących zasady całkowania numerycznego (MCN). Zaś na dyskretyzacji fizycznej odniesionej do brzegu rozpatrywanego kontinuum opiera się metoda elementów brzegowych (MEB). Proces tworzenia rozwiązań przedstawiony jest na rys. 3.

Metody numeryczne nazywane także metodami komputerowymi, wymagają:

- dyskretnych modeli obliczeniowych,
- zarytmetyzowania związków matematycznych,
- opracowania algorytmów używania,
- zapisu ułatwiającego zaprogramowanie obliczeń,
- dostarczanie i przetwarzanie danych.

Z punktu widzenia mechaniki konstrukcji chodzi o dwa rodzaje modeli – fizyczny i matematyczny. Model fizyczny określany jest jako schemat obliczeniowy zdefiniowany przez geometrię, podparcie, obciążenie i materiał. Model matematyczny określany jako zespół form i zależności będących podstawą algorytmu obliczeniowego. W nawiązaniu do wstępu nadmieniam że modelowanie za pomocą MES bazuje na przesłankach strukturalnych, gdyż umożliwia przez kombinację różnego rodzaju elementów, dość wiernie odwzorować w modelach istniejącą rzeczywistość.



Rys. 3. Proces budowania rozwiązań przybliżonych [7]

Dyskretny model fizyczny jest zbiorem elementów z przypisanymi im własnościami fizycznymi i obciążeniem oraz zbiorem węzłów z obciążeniem. Zarówno elementy, jak węzły są opisane zależnościami typu geometrycznego. Dyskretny model to zbiór równań algebraicznych. Uzyskujemy go przez wybór skończonej liczby parametrów i funkcji interpolacyjnych, czyli funkcji kształtu.

## KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE MODELOWANIA

Jednym z narzędzi pomocnych w modelowaniu matematycznym zagadnień inżynierskich jest oprogramowanie firmy MathWorks – Matlab. Matlab jest pakietem przeznaczonym do wykonywania obliczeń numerycznych oraz graficznej prezentacji wyników. Pakiet Matlab dostępny jest na wielu różnych platformach sprzętowych i systemowych – m.in. Windows, Unix, Macintosh. Matlab jest prostym środowiskiem, które łączy w sobie obliczenia, wizualizację oraz programowanie. Pakiet ten znajduje zastosowanie głównie w obliczeniach matematycznych, algorytmach numerycznych, modelowaniu i symulacji, analizie danych, wizualizacji wyników, grafice inżynierskiej oraz aplikacjach z wykorzystaniem graficznego interfejsu użytkownika. Matlab jest systemem interaktywnym w którym podstawową strukturą danych jest dynamiczna tablica dwuwymiarowa. Dzięki takiemu rozwiązaniu w Matlabie można pracować nad wieloma problemami technicznymi, a w szczególności nad tymi, które są opisane za pomocą macierzy czy wektorów. Operowanie na macierzach czy wektora nie wymaga wcześniejszej deklaracji tych struktur, co wyróżnia Matlab spośród programowania typu C czy Fortran. Dodatkowe biblioteki, składające się z funkcji Matlab (m-plików) pozwalają poszerzyć standardowe możliwości pakietu o rozwiązywanie specjalistycznych problemów. Dodatkowo w pakiecie zawarty jest Simulink, czyli program napisany w Matlabie. Jest to interaktywny system, który pozwala na graficzne modelowania za pomocą gotowych elementów oraz na symulację układów dynamicznych [2].

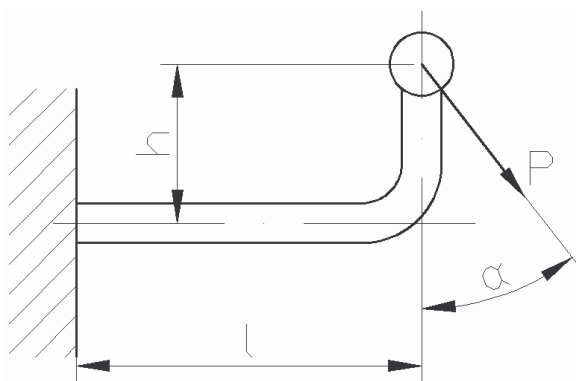
Pakiet Matlab składa się z pięciu podstawowych elementów:

- języka Matlab – języka wysokiego poziomu dzięki któremu można tworzyć zarówno proste programy, jak i rozbudowane aplikacje,
- środowiska roboczego Matlab – zestawu narzędzi służących do zarządzania zmiennymi, m-plikami, aplikacjami Matlab, a także importowaniem i eksportowaniem danych,
- systemu graficznego – obejmującego tworzenie wykresów dwu- i trójwymiarowych, funkcje przetwarzania obrazów oraz tworzenia animacji, a także inne funkcje pozwalające na określanie wyglądu tworzonych grafik oraz interfejsu użytkownika,
- biblioteki funkcji matematycznych – zbiór wielu funkcji matematycznych – podstawowych (np. sumowanie, funkcje trygonometryczne), macierzowych (np. obliczanie macierzy odwrotnych) oraz specjalistycznych (np. szybka transformata Fouriera),

- interfejsu API – biblioteki pozwalającej tworzyć programy w języku C i Fortran, współpracując z programami napisanymi w języku Matlab [2].

Praca w Matlabie może odbywać się w trybie bezpośrednim lub pośrednim. Tryb bezpośredni jest to standardowy tryb pracy. Komunikacja między oprogramowaniem a użytkownikiem odbywa się na zasadzie pytanie – odpowiedź. Natomiast tryb pośredni pozwala na szybkie prowadzenie obliczeń oraz prezentację wyników poprzez uruchomienie programu napisanego w języku pakietu Matlab. Programy opracowane w środowisku Matlab zapisywane są w tzw. m-plikach (plikach z rozszerzeniem .m). W m-plikach można za pomocą języka Matlab definiować skrypty lub opracowywać gotowe programy rozwiązujące konkretne zagadnienia i działające na zasadzie interakcji z użytkownikiem [2].

Przykładem modelowania matematycznego zagadnień inżynierskich i wykorzystania w tym celu oprogramowania Matlab, może być zbadanie warunku wytrzymałościowego wspornika w miejscu jego zamocowania. Wspornik o długości  $l$  i wysokości  $h$ , obciążony jest siłą  $P$  przyłożoną pod kątem  $\alpha$ . Element wykonany jest z rury o średnicy zewnętrznej  $D$  i średnicy wewnętrznej  $d$  (rys. 4).

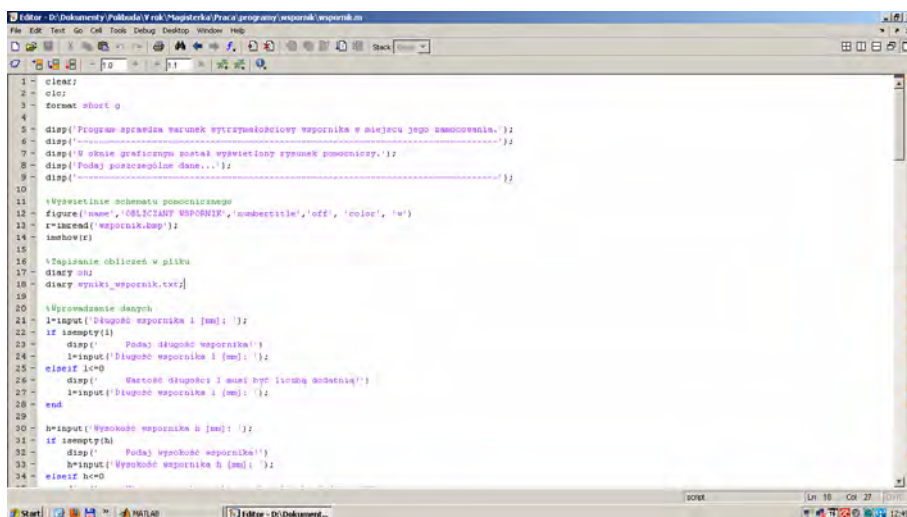


**Rys. 4. Rozpatrywany wspornik  
(źródło - opracowanie własne)**

Na podstawie parametrów geometrycznych rozpatrywanego wspornika oraz informacji o obciążeniu elementu, wyznacza się składowe siły obciążające oraz moment gnący, a także przekrój poprzeczny i wskaźnik wytrzymałości, niezbędne do wyznaczenia kolejnych wartości. Następnie definiuje się rodzaje obciążeń występujące w miejscu zamocowania wspornika, które służą do obliczenia naprężeń zredukowanych. Te natomiast za pomocą hipotezy Hubera służą do zbadania warunku wytrzymałościowego.



Wykorzystując wspomniane zależności w pakiecie Matlab tworzy się odpowiedni program zapisany w m-pliku, który prowadzi użytkownika przez kolejne etapy wykonywania obliczeń i rozwiązywania danego zagadnienia inżynierskiego. Użytkownik wprowadza wartość długości, wysokości, średnicy rury z jakiej został wykonany wspornik, a także definiuje obciążenie oddziałujące na rozpatrywany element. Dzięki działaniu programu możemy określić rodzaje naprężeń występujące w elemencie, a także stwierdzić, czy wspornik o określonych parametrach w miejscu zamocowania nie ulegnie zniszczeniu. Podczas prowadzenia obliczeń program sprawdza odpowiednio sformułowane warunki, co pozwala na uniknięcie błędów. Kończąc obliczenia sprawdzany jest również warunek wytrzymałościowy wspornika w miejscu zamocowania, po czym użytkownik otrzymuje jednoznaczną odpowiedź. W programie wykorzystana jest głównie funkcja *input* służąca do wprowadzania danych. Funkcja ta wyświetla łańcuch znaków, oczekuje na wprowadzenie określonej danej liczbowej i przypisuje jej wartość określonej zmiennej. Wprowadzone dane zostają wykorzystane do dalszych obliczeń. Wszelkie warunki realizowane są za pomocą instrukcji warunkowych *if*. W programie wykorzystana jest także funkcja *disp* wyświetlająca różnorodne komunikaty, a także funkcje *figure*, *imread* oraz *imshow*, które służą do prezentowania obrazów pomocniczych.



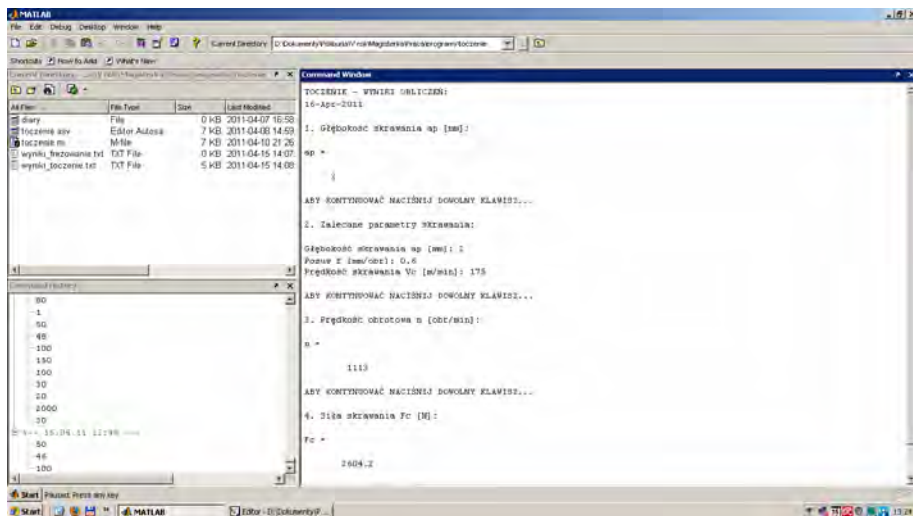
**Rys. 5. Tworzenie kodu źródłowego programu w Matlabie.**  
(źródło - opracowanie własne)

Innym przykładem zastosowania pakietu Matlab do modelowania matematycznego procesów technicznych, może być wyznaczanie parametrów obróbki zgrubnej wałka ze stali węglowej o średnicy  $d$  oraz zdefiniowanie mocy silnika tokarki realizującej ten proces.

Powierzchnia obrabiana ma długość  $l$ . Obróbka wykonywana jest poprzez toczenie zgrubne, zewnętrzne podłużne, nieprzelotowe. Nóż tokarski użyty do obróbki posiada ostrze wykonane z węgla spiekanego. Rozpatrując dane zagadnienie określa się takie parametry jak: głębokość skrawania, prędkość skrawania, posuw, prędkość obrotową obrabianego przedmiotu, siły procesu skrawania, moc skrawania – na podstawie której określa się moc silnika tokarki, objętościową wydajność skrawania oraz czas maszynowy obróbki.

Opracowany w środowisku obliczeniowym Matlab program, pozwala wyznaczyć moc jaką powinien posiadać silnik tokarki realizującej toczenie zgrubne, zewnętrzne podłużne, nieprzelotowe wałka o zadanych wymiarach. Na podstawie średnicy obrabianego przedmiotu, średnicy przedmiotu obrobionego oraz długości obrabianej powierzchni, program oblicza i dobiera poszczególne parametry skrawania oraz wyznacza szukaną moc silnika.

Program rozpoczynają funkcje *clear* oraz *clc*, które poprzez czyszczenie pamięci oraz okna poleceń przygotowują przestrzeń roboczą programu do pracy. Następnie funkcja format definiuje sposób wyświetlania wyników, zaś funkcja *diary* śledzi i eksportuje efekt działania programu do pliku *wyniki\_toczenie.txt*, znajdującego się w bieżącym katalogu programu. Wprowadzane przez użytkownika dane zostają wykorzystane bezpośrednio do obliczeń lub na ich podstawie dobiera się inne parametry obróbki. Jest to możliwe dzięki złożonym instrukcjom warunkowym *if*. Instrukcje te zostały również wykorzystane w programie do sformułowania odpowiednich warunków, które pozwalają uniknąć różnych błędów. Wyniki obliczeń prezentowane są stopniowo za pomocą funkcji *pause*, wstrzymującej działanie programu, aż do momentu odpowiedzi użytkownika. Wraz z wynikami drukowana jest data prowadzenia obliczeń – umożliwia to funkcja *date*. Efektem działania programu jest wyznaczenie takich parametrów jak: głębokość skrawania, posuw, prędkość skrawania, prędkość obrotowa obrabianego przedmiotu, siły procesu skrawania, moc skrawania, moc silnika tokarki niezbędna do zrealizowania procesu obróbki, czas maszynowy obróbki czy objętościowa wydajność skrawania. Program umożliwia także ponowne wykonanie obliczeń lub zakończenie pracy. Odpowiednie działanie programu zapewniają funkcje *run* i *quit*, zawarte w instrukcji warunkowej wraz z pytaniem końcowym, które zadawane jest użytkownikowi (rys. 6).



**Rys. 6. Efekt działania utworzonego programu  
(źródło - opracowanie własne)**

Odpowiednie zamodelowanie danego problemu w programie Matlab, pozwala w łatwy i szybki sposób wyznaczyć szukane parametry. Program działając na zasadzie interakcji z użytkownikiem wyznacza szukane wartości. Użytkownik wprowadzając parametry geometryczne obrabianego wałka w odpowiedzi otrzymuje wartości, które są obliczane poprzez pakiet lub dobierane na podstawie odpowiednich warunków. Wprowadzanie danych umożliwia funkcja *input*, natomiast parametry, które definiuje się na podstawie danych tablicowych są zawarte w odpowiednich instrukcjach warunkowych typu *if*. Ponadto program po przeprowadzeniu obliczeń umożliwia ich ponowne wykonanie dla innych danych dzięki funkcji *run*. Wyniki obliczeń zostają wyeksportowane do pliku testowego za pomocą funkcji *diary*.

## PODSUMOWANIE

Modelowanie matematyczne jest niewątpliwie bardzo wszechstronnym i pomocnym narzędziem w pracy współczesnego inżyniera. Ponadto wykorzystanie wspomagania komputerowego do prowadzenia opisu zagadnień oraz zjawisk technicznych za pomocą modeli matematycznych pozwala na dokładną i wnikliwą analizę poruszanych problemów. Jest także środkiem, który znacznie ułatwia i przyspiesza pracę. Coraz trudniej jest wyobrazić sobie rozwiązywanie współczesnych problemów technicznych bez użycia programów umożliwiających przeprowadzanie różnego typu symulacji numerycznych, które wydajnie wspomagają i przyspieszają proces przygotowania produkcji i wdrażania produktu do produkcji.

Matlab jako program umożliwiający pomoc w tworzeniu i implementacji modeli matematycznych, będących podstawą do wykonywania obliczeń numerycznych ma już dość ugruntowaną pozycję na rynku. O jego dużej przydatności świadczy również fakt, że stworzono do niego duży pakiet narzędzi – toolbox'ów, które znacznie poszerzają funkcjonalność i zastosowanie tego produktu. Zaprezentowane w pracy przykłady pokazują, że program ten można wykorzystywać do rozwiązywania różnych zagadnień technicznych – i konstrukcyjnych, i technologicznych, i innych.

#### LITERATURA

1. Celmerowski A.: *Modelowanie i symulacja układów fizycznych, Matlab/Simulink*. Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok 2008.
2. Kamińska A., Pińczyk B.: *Ćwiczenia z Matlab. Przykłady i zadania*. Wyd. MIKOM, Warszawa 2002.
3. Stefański T.: *Teoria sterowania. Część I. Modelowanie matematyczne, analiza i synteza układów liniowych*. Dział Wydawnictw Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 1992.
4. Szücs E.: *Modelowanie matematyczne w fizyce i technice*. WTN, Warszawa 1977.
5. Zieliński J. S.: *Modelowanie analogowe i cyfrowe*. Redakcja Wydawnictw Naukowych Politechniki Łódzkiej, Łódź 1980.
6. Tarnowski W.: *Modelowanie systemów*. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej. Koszalin 2004.
7. Rakowski G., Kacprzyk Z.: *Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2005.
8. Tarnowski W.: *Komputerowe wspomaganie projektowania*. Wyd. WSiNz. Koszalin 1991.
9. Rakowski G., Kacprzyk Z.: *Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2005.

## MODELOWANIE MATEMATYCZNE ZAGADNIEŃ INŻYNIERSKICH W MATLABIE

### Streszczenie

W pracy przedstawiono zagadnienia związane z modelowaniem fizycznym i matematycznym. Przybliżono znaczenie pojęcia „model” w różnych formach znaczeniowych. Podano definicję pojęcia model, która ma swoje znaczenie w technice. Przybliżono cel stosowania modelowania w technice, klasyfikację modeli z punktu widzenia sposobu odtwarzania rzeczywistości. Przedstawiono także problem dyskretyzacji i tworzenia modeli dyskretnych w zastosowaniu do złożonych obliczeń wytrzymałościowych i konstrukcyjnych pomocnych w procesie projektowania maszyn i urządzeń technicznych. Aspekt praktyczny modelowania został zaprezentowany na przykładzie dwóch zagadnień technicznych – wspornika i wyznaczania parametrów toczenia z wykorzystaniem pakietu programu Matlab.

**Słowa kluczowe:** modelowanie matematyczne, modelowanie fizyczne, MATLAB, wspornik, modelowanie techniczne

# MATHEMATICAL MODELING ENGINEERING PROBLEMS IN MATLAB

## Summary

The paper presents issues related to the physical and mathematical modeling. Was brought closer to the meaning of "model" in various forms of meaning. A definition of the concept model, which has its importance in technique. Was brought closer to aim of modeling technique, the classification models in terms of how to actually play. Also presents the problem of discretization and discrete modeling as applied to complex calculations of structural strength and help in the design of machines and technical equipment. Practical aspects of modeling was presented at the example of two technical issues - support and determining the parameters of Turning with the package Matlab.

**Key words:** mathematical modeling, physical modeling, MATLAB, support, technical modeling

## Informacja o autorze

dr inż. Jarosław Zubrzycki  
Instytut Technologicznych Systemów Informatycznych  
Wydział Mechaniczny  
Politechnika Lubelska  
ul. Nadbystrzycka 36  
tel. 81 5374585  
e-mail: [j.zubrzycki@pollub.pl](mailto:j.zubrzycki@pollub.pl)

# Zarządzanie przedsiębiorstwem produkcyjnym ze wspomaganie komputerowym

## 1. Wprowadzenie

Zarządzanie przedsiębiorstwem produkcyjnym wymaga komputerowego wspomaganie zarówno przygotowania produkcji, nadzoru nad jej realizacją, jak i czynności pomocniczych. Generuje to szereg problemów wynikających ze specyfiki organizacji pracy przedsiębiorstwa. Nawet w przedsiębiorstwach wykazujących wiele cech wspólnych, tzn. tej samej wielkości, działających w tej samej branży, występują wyraźne różnice w sposobie planowania, organizowania, przebiegu i kontroli realizowanych procesów.

Innym problemem we wdrażaniu wspomaganie komputerowego jest wielkość przedsiębiorstwa i wynikająca stąd struktura organizacyjna, ale też i dostępne środki finansowe. Brak komputerowego wspomaganie funkcjonowania jest szczególnie zauważalny w mikro, ale też w małych i średnich przedsiębiorstwach (MSP). Nawet w dużych przedsiębiorstwach czy w przedsiębiorstwach które wdrożyły rozwiązania informatyczne, w szczególności zintegrowany system zarządzania (ZSZ), nie stanowi to rozwiązania wszystkich problemów. Dlatego ciągle aktualna jest potrzeba poszukiwania rozwiązań umożliwiających komputerowe wspomaganie funkcjonowania przedsiębiorstw.

Przy podejmowaniu działań w zakresie informatyzacji przedsiębiorstw można wskazać na dwie drogi. Można wdrażać:

- a) ZSZ w przedsiębiorstwach o ustabilizowanej strukturze, licząc na efekty wdrożeń rozpisane na lata, lub przygotować,
- b) indywidualne (dedykowane) rozwiązania informatyczne, nawet tylko w ograniczonym stopniu wspomagające procesy zarządzania.

Indywidualne rozwiązania informatyczne przekładają się na wymierne korzyści od chwili ich opracowania i wdrożenia. Dają też nadzieję, że korzystanie z tak przyjaznych użytkownikowi rozwiązań zachęci do podejmowania dalszych działań zmierzających w tym kierunku.

Ważną kwestią jest możliwość uzupełnianie wdrożonych i wykorzystywanych w przedsiębiorstwie ZSZ czy rozwiązań dedykowanych o funkcje które wynikają z rozpoznanych potrzeb. Przykłady takich indywidualnych potrzeb zgłoszonych przez przedsiębiorstwa opisano w rozdziale 4. Stąd wyłania się trzecia droga komputerowego wspomaganie funkcjonowania przedsiębiorstw polegająca na rozbudowie rozwiązań indywidualnych lub uzupełnianiu ZSZ o rozwiązania dedykowane.

Zintegrowany system zarządzania powinien obejmować wszystkie procesy realizowane w przedsiębiorstwie, choć może być wdrażany stopniowo [2]. Połączenie procesów, procedur i praktyk obowiązujących w przedsiębiorstwie w jeden zintegrowany system przekłada się na procesy zarządzania. Przydatność wdrożonych rozwiązań informatycznych w osiąganiu celów działania przedsiębiorstwa jest zawsze konsekwencją poziomu wykorzystania przez użytkownika możliwości jakie stwarza wdrożony system. Stąd można stwierdzić, że choć system informatyczny nie rozwiązuje wszystkich problemów przedsiębiorstwa, to jednak zdecydowanie wspomaga jego funkcjonowanie. Sam system też może być źródłem różnych problemów. Rolą ZSZ jest obsługa realizacji procesów zachodzących wewnątrz przedsiębiorstwa, polegająca na przekształceniu danych wejściowych w informacje użyteczne w zarządzaniu.

Przyjmując potrzebę komputerowego wspomaganie zarządzania w przedsiębiorstwie produkcyjnym za istotną z punktu widzenia jego rozwoju i procesów zachodzących na rynku należy -po rozpoznaniu problemów towarzyszących temu zagadnieniu- wskazać na możliwości praktycznej realizacji idei informatyzacji przedsiębiorstw. To z kolei wymaga odniesienia się do stanu obecnego i wskazania dróg rozwoju.

## **2. Przygotowanie przedsiębiorstwa**

Przygotowanie przedsiębiorstwa do wprowadzenia rozwiązań informatycznych z zakresu komputerowego wspomaganie wymaga wielu zmian przede wszystkim o charakterze organizacyjnym. Tylko wówczas realna jest poprawa efektywności funkcjonowania przedsiębiorstwa po wdrożeniu systemu. Stąd należy dokonać wewnętrznej analizy organizacji i przygotować najlepiej w formie raportu informacje, skupiając się w szczególności na [2]:

- określeniu celów strategicznych,
- uporządkowaniu i opisanu zachodzących procesów,
- określeniu problemów przedsiębiorstwa,
- określeniu wymagań,
- udokumentowaniu procedur działania,
- określeniu zakresu wdrożenia,
- ocenie ryzyka, terminów i kosztów realizacji.

Pełny cykl wdrożenia systemów MRP II może wynieść nawet 2-3 lata, tak jak to pokazano w tabeli 1. Pierwsze efekty w dobrze zarządzanym i przygotowanym do wdrożenia przedsiębiorstwie można uzyskać już w pierwszym roku. Niepełne wdrożenie systemu będzie trwało krócej, bo od kilku do kilkunastu miesięcy, ale efekty będą dalekie od oczekiwanych i mogą nie gwarantować możliwości bieżącej analizy produkcji czy jej kosztów lub też kontrolowania przebiegu realizowanych procesów.

W tabeli 1. zamieszczono przygotowane przez APICS etapy przez które przechodzi przedsiębiorstwo chcąc wdrożyć system klasy MRP II. I choć procedura wdrożenia nie przebiega identycznie w każdym przypadku, to pokazano tam działania jakie należy podjąć i w jakim czasie je zrealizować. Różnice w przebiegu wdrożenia mogą wynikać ze specyfiki przedsiębiorstwa, jak i z tego że firmy oferujące ZSZ stosują własną metodykę wdrożeniową.

**Tab. 1. Etapy wdrożenia MRP II [4]**

| Etap | Opis                                                                                                                                  | Czas trwania     |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1.   | Przygotowanie firmy do zarządzania w warunkach stosowania systemu komputerowego oraz planowania procesu wdrożeniowego                 | pierwszy miesiąc |
| 2.   | Określenie zamierzeń oraz wyznaczenie celów komputeryzacji przedsiębiorstwa i wytypowanie poszczególnych modułów systemu do wdrażania | drugi miesiąc    |
| 3.   | Szkolenie zespołu wdrożeniowego w zakresie zasad MRPII i znajomości modułów                                                           | 2-4 miesiąc      |
| 4.   | Inwentaryzacja obecnego otoczenia organizacyjnego, wybór użytkowników, zaprojektowanie przyszłego otoczenia systemu                   | 3-6 miesiąc      |
| 5.   | Projektowanie Systemu Informowania Kierownictwa w powiązaniu z modułami MRPII, projektowanie konfiguracji sprzętowej i programowej    | 5-6 miesiąc      |
| 6.   | Instalowanie komputerów, sieci, stacji roboczych lub terminali, systemu operacyjnego, oprogramowania MRPII                            | 6-9 miesiąc      |
| 7.   | Stworzenie tzw. pilota systemu i szkolenie pracowników z wykorzystaniem pilota                                                        | 9-12 miesiąc     |
| 8.   | Sukcesywne dostosowanie modułów systemu do codziennej działalności przedsiębiorstwa i zastąpienie dotychczasowego systemu             | 12-15 miesiąc    |
| 9.   | Przeprowadzenie konwersji zasobów danych i sukcesywne wdrażanie                                                                       | 15-18 miesiąc    |
| 10.  | Rozszerzenie stopnia przetwarzania do pełnego zakresu MRPII                                                                           | 18-24 miesiąc    |
| 11.  | Przegląd rozwiązań po wdrożeniu i przeprowadzenie ewentualnych zmian                                                                  | 20-26 miesiąc    |

Długi czas wdrażania systemów MRP II wynika z konieczności rozpoznania wszystkich procesów zachodzących w przedsiębiorstwie i podjęcia decyzji które procesy będą włączone do systemu. Dodatkowo wdrożenie takiego systemu wymaga wielu zmian w przedsiębiorstwie.

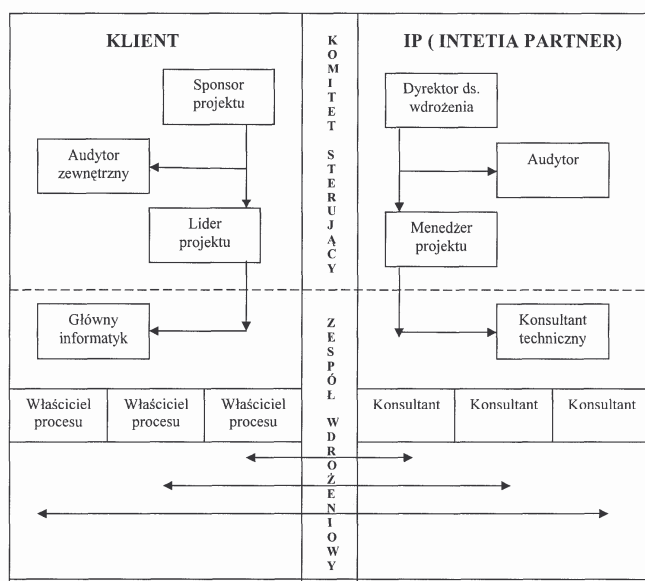
Z kolei w podejściu polegającym na indywidualnym przygotowaniu rozwiązań (rozwiązania dedykowane) otrzymuje się natychmiastową możliwość realizacji wraz z możliwością dalszej rozbudowy takiego rozwiązania [3].

Kolejnym problemem właściwego przygotowania przedsiębiorstwa do informatyzacji jest wybór zespołu wdrożeniowego. Ważny jest zarówno jego skład jak i struktura. Struktura pionową zespołu tworzą w kolejności: komitet sterujący, komitet wykonawczy i zespoły zadaniowe.



Na rys. 1. przedstawiono strukturę zespołu wdrożeniowego dającą podstawę do efektywnej realizacji wdrożenia.

Biorąc pod uwagę liczbę jak i skomplikowanie problemów które mogą się pojawić podczas przygotowania przedsiębiorstwa do wdrożenia, jak i w czasie prac wdrożeniowych potrzebne są zespoły wdrożeniowe. Przyjąć należy, że efekty pracy zespołowej będą lepsze dzięki współpracy członków zespołu. Wiedza potrzebna do właściwego przygotowania dotyczy całego przedsiębiorstwa. Dlatego do zespołów wdrożeniowych należy powoływać osoby z odpowiednim doświadczeniem i znajomością specyfiki funkcjonowania przedsiębiorstwa. Dla zapewnienia ścisłej i efektywnej współpracy do zespołu wdrożeniowego (patrz rys. 1.) powołuje się odpowiedników reprezentujących oba podmioty.



**Rys. 1. Zespół wdrożeniowy [4]**

Zachowanie zespołu lub jego części po zrealizowaniu wdrożenia może konsekwencją chęci dalszego rozwoju systemu lub wynikać z potrzeby wyeliminowania problemów czy ewentualnych niedociągnięć w funkcjonowaniu już wdrożonego systemu. Wówczas korzysta się z osób mogących prowadzić działania tak w zakresie modernizacji jak i rozszerzania możliwości systemu.

W dalszej kolejności należy wybrać wariant implementacji systemu informatycznego pamiętając, że wrażany ZSZ będzie obejmował 70-80% realizowanych w przedsiębiorstwie procesów, natomiast 20 do 30% procesów będzie wymagało przygotowania rozwiązań specjalnych wynikających głównie ze specyfiki przedsiębiorstwa [2].

### 3. Wybór i wdrożenie zintegrowanego systemu zarządzania

Wybór ZSZ i wariantu wdrożenia powinien wynikać z faktycznych potrzeb firmy. Po decyzji o wdrożeniu ZSZ należy wybrać aplikację i dostawcę usługi oraz przygotować przedsiębiorstwo do wdrożenia. [2]

Wybór ZSZ, choć bardzo ważny, należy traktować jako jeden z etapów informatyzacji przedsiębiorstwa. Po ustaleniu szczegółów współpracy między przedsiębiorstwem, a dostarczycielem systemu kończy się procedura wyboru ZSZ i można przystąpić do wdrożenia.

Procedurę postępowania przy wyborze zintegrowanego systemu zarządzania można przedstawić następująco [2]:

- określenie potrzeb przedsiębiorstwa
- opracowanie zapytania ofertowego,
- określenie kryteriów oceny,
- selekcja ofert,
- prezentacja wybranych systemów i ich ocena,
- wyłonienie najlepszego systemu,
- podpisanie umowy.

Niezwykle istotna jest charakterystyka przedsiębiorstwa i jego potrzeby. W pracy [4] przedsiębiorstwo tworzyły trzy oddziały produkcyjne realizujące niezależną, choć częściowo także uzupełniającą się produkcję. W siedzibie głównej mieściły się komórki obsługujące oddziały, dla których oddziały przygotowywały raporty z realizacji produkcji. Przed wdrożeniem ZSZ dane z jednostek podrzędnych przekazywane były w formie papierowej i dopiero wówczas były rejestrowane. Przedsiębiorstwo chciało usprawnić komunikację między jednostkami oraz poprawić zarządzanie stanami magazynowymi materiałów do produkcji zgodnie ze zdefiniowaną strukturą materiałową wyrobów. Zauważalny był też brak możliwości szybkiego i dokładnego kontrolowania procesów produkcyjnych, tym bardziej, że realizowano produkcję nie tylko seryjną, ale i na zamówienie. Odpowiedzią na tak sformułowane problemy miał być ZSZ, stąd przystąpiono do jego wyłonienia i wdrożenia.

Na bazie przygotowanego zapytania ofertowego przystąpiono do oceny nadesłanych propozycji. Ze względu na dużą liczbę odpowiedzi (kilkanaście ofert) konieczne było przeprowadzenie wstępnej selekcji nadesłanych ofert. Przyjęto następujące kryteria prowadzonej selekcji [4]:

- ogólne koszty systemu,
- czas potrzebny na wdrożenie,
- udział w rynku,
- pochodzenie systemu,
- usługi świadczone przez oferenta,
- ilość modułów podstawowych dla produkcji.

W ten sposób wyłania się oferty, które poddać należy dalszej szczegółowej analizie obejmującej stronę merytoryczną i technologiczną, warunki umowy i finansowania oraz odbiorów. Bardzo ważnym etapem wyboru ZSZ jest prezentacja wybranych ofert, gdyż podczas prezentacji poszczególnych systemów można zmieniać, modyfikować, uzupełniać i uszczegółowić sformułowane uprzednio wymagania czy kryteria ocen. Wynika to z możliwości uświadomienia w trakcie prowadzonych rozmów i prezentacji nowych potrzeb czy wymagań. Wprawdzie działania te angażują zarząd, ale pozwalają jednocześnie lepiej przygotować kryteria i wymagania jeszcze przed podjęciem ostatecznych decyzji.

W tab. 2. przedstawiono porównanie wybranych ZSZ pod kątem kosztów i czasu wdrożenia oraz liczby modułów przydatnych w produkcji.

**Tab. 2. Porównanie wybranych ZSZ [2]**

| Nazwa                | Koszt [tyś]                  | Czas [m-ce]         | Moduły [szt] |
|----------------------|------------------------------|---------------------|--------------|
| mySAP Business Suite | od 70 tyś. do kilku milionów | Od 3 do 7 m-cy      | 8            |
| IFS Applications     | od 55 tyś. wzwyż             | od 3 m. do 1,5 roku | 12           |
| Impuls BPSC          | od 40 tyś. wzwyż             | od 3 m. do roku     | 11           |
| TETA_2000            | od 50 tyś. wzwyż             | od 3 m. do 2 lat    | 3            |

Zarządzający przedsiębiorstwami kierują się różnymi kryteriami podczas procesu wyboru oferenta, ale też wykazują różne postawy wobec samej potrzeby czy nawet zgłoszonej propozycji informatyzacji funkcjonowania przedsiębiorstwa. Dlatego ważna jest rzeczowa argumentacja przemawiająca za takim rozwiązaniem.

Modułowa budowa ZSZ pozwala na:

- stopniowe wprowadzanie systemu do przedsiębiorstwa,
- bieżące aktualizowanie zawartości informacyjnej,
- rozbudowę systemu przez dodanie nowych modułów,
- ciągłą aktualizację systemu.

Mając na uwadze fakt, że na rynku dostępnych jest wiele aplikacji, koniecznym jest przeprowadzenie szczegółowej analizy systemów celem wybrania najlepszego. Przykład takiego postępowania przedstawiono w [2]. Do oceny systemów najlepiej jest wykorzystać metodę analizy wartości. Potwierdzeniem potrzeby zastosowania tej metody niech będzie fakt, że w innym przypadku możemy otrzymać oferty równoważne lub zwycięży oferta inna niż przy zastosowaniu tej metody.

Bez wyżej przedstawionej procedury i szczegółowych analiz wybór systemu może sprawić wiele trudności, a pytanie czy był trafny i czy wybrano właściwy system pozostanie bez jednoznacznej odpowiedzi. Weryfikacja podjętej decyzji będzie wymagała czasu.

Można też wymienić szereg czynników które mają niekorzystny wpływ zarówno na przebieg jak i efekty wdrożenia. Tworzą one bariery ekonomiczne, społeczne, organizacyjne i techniczne.

Bariery ekonomiczne wynikają z konieczności poniesienia bezpośrednich kosztów związanych z zakupem oprogramowania, licencji i sprzętu czy kosztów pośrednich takich jak szkolenia, zatrudnienie specjalistów. Ograniczanie finansowania na etapie wyboru i wdrożenia może ujemnie odbić się na przebiegu wdrożenia, a nawet zagrozić realizacji czy utrudnić późniejsze korzystanie z systemu. Zastosowanie tańszego, ale o gorszych parametrach sprzętu może doprowadzić do późniejszych trudności w pracy. Tak więc brak środków pieniężnych może być przyczyną opóźnień we wdrażaniu ZSZ lub spowodować, że wdrożenie nie przyniesie spodziewanych efektów.

Bariery techniczne są częściowo pochodną barier ekonomicznych. Objawiają się szczególnie dotkliwie użytkownikom systemu. Z kolei bariery organizacyjne wiążą się z trudnościami przystosowania struktury organizacyjnej przedsiębiorstwa i obowiązujących procedur do wymogów funkcjonowania systemu. Bariery społeczne związane są z użytkownikami systemu. Jest to najpoważniejsza bariera we wprowadzaniu systemu do funkcjonowania. Brak przekonania, ze strony użytkowników, do nowego rozwiązania może spowodować, że system nie będzie wykorzystywany zgodnie z możliwościami jakie oferuje.

Mając świadomość możliwości wystąpienia wyżej wymienionych barier każde przedsiębiorstwo powinno z należytą starannością przygotować się do wdrożenia systemu, szczególnie skupiając się na właściwym przygotowaniu pracowników.

#### **4. Techniczne przygotowanie produkcji wspomagane komputerowo**

W niniejszym opracowaniu przedstawiono także możliwości wspierania przedsiębiorstw w zakresie wdrażania narzędzi informatycznych powstałych na bazie rozpoznanych potrzeb przyszłych użytkowników, które obrazują realizację drugiej drogi informatyzacji czyli przygotowywania rozwiązań indywidualnych.

W przedsiębiorstwach produkcyjnych istotnym zagadnieniem jest techniczne przygotowanie produkcji (TPP). Jednocześnie występują tam ograniczenia tworzące bariery wprowadzania narzędzi informatycznych do praktyki funkcjonowania przedsiębiorstwa. Do głównych problemów można zaliczyć: brak koncepcji informatyzacji przedsiębiorstwa, brak przekonania o potrzebie informatyzacji, nieliczną lub nieprzygotowaną do stosowania narzędzi informatycznych kadrę, a także brak środków na inwestycje.

TPP może obejmować [1]:

1. gromadzenie wiedzy,
2. obliczenia inżynierskie,
3. wspomaganie procesów decyzyjnych,
4. prace projektowe.

Koncepcja prowadzonych prac zakładała rozpoznanie problemów w przedsiębiorstwach, w których istniały wyodrębnione komórki związane z technicznym przygotowaniem produkcji. W wyniku prowadzonego wywiadu określano potrzeby przedsiębiorstwa w tym zakresie. Główną bolączką - w większości przypadków - okazał się dostęp do informacji umożliwiającej przygotowanie produkcji, a w szczególności szybki i łatwy dostęp do dokumentacji konstrukcyjnej i technologicznej, jak i obieg tej dokumentacji. Dlatego koniecznym było zastosowanie techniki komputerowej i rozwiązań informatycznych jako narzędzi stanowiących podstawę przygotowanych propozycji. [1]

Przygotowanie produkcji wymaga zgromadzenia dużej ilości różnorodnej informacji stanowiącej podstawę prowadzonych z tego zakresu prac. Wówczas można tworzyć i/lub korzystać ze standardowych baz wiedzy i/lub specjalnych baz wiedzy.

W czasie przygotowywania produkcji potrzebna jest wiedza nie tylko o wyrobie, ale także o materiałach, maszynach i urządzeniach oraz narzędziach, a wreszcie ich stanie. Stąd mogą, a wręcz powinny, powstawać rozwiązania umożliwiające gromadzenie i korzystanie z tego rodzaju informacji. Jak pokazały prace prowadzone przez autora, rozwiązania takie są w praktyce możliwe do przeprowadzenia już na obecnym poziomie dostępności środków informatycznych, co opisano w [1].

W jednym z przedsiębiorstw problemem była organizacja technicznego przygotowania produkcji i bezpośredni nadzór nad jej uruchamianiem. Odpowiedzią na tak sformułowany problem była baza wiedzy gromadząca niezbędne informacje, zapewniające prawidłowe funkcjonowanie przedsiębiorstwa w zakresie przygotowania i uruchamiania produkcji.

Innym przykładem będą problemy z dokumentacją konstrukcyjną wyrobu. Można tu mówić o podstawowej potrzebie każdego przedsiębiorstwa, jaką jest archiwizacja posiadanej dokumentacji. Stąd potrzeba tworzenia rozwiązań umożliwiających archiwizację dokumentacji konstrukcyjnej i technologicznej, pozwalających na lokalizację i aktualizację dokumentacji, a także zarządzanie nią. Takie rozwiązania przełożą się z pewnością na skrócenie czasu dostępu do informacji i właściwy nadzór nad dokumentacją. Jeszcze innym problemem jest gromadzenie informacji potrzebnej do przygotowania dokumentacji konstrukcyjnej wyrobu składającego się z kilku elementów znormalizowanych występujących w wielu odmianach czy typach. Przykładem radzenia sobie z tego typu problemami będzie rozwiązanie dedykowane umożliwiające dobór wyrobu przy uwzględnieniu założeń wejściowych do projektowania. Na podstawie zgromadzonych w bazie wiedzy informacji i po przyjęciu stosownych rozwiązań informatycznych możliwy jest komputerowo wspomagany dobór takiego wyrobu.

Kolejnym problemem będzie gromadzenie i przechowywanie informacji dotyczących stanu maszyn i urządzeń produkcyjnych. Jest to potrzeba zdecydowanej większości, jeśli nie wszystkich, przedsiębiorstw produkcyjnych. Przykładem radzenia sobie z takim problemem może być opracowanie rozwiązania dla Działu Utrzymania Ruchu obejmującego zagadnienia zarządzania eksploatacją obiektów technicznych. Przygotowane rozwiązanie dedykowane umożliwiać może: wprowadzanie i zarządzanie informacjami o maszynach oraz tworzenie historii ich eksploatacji, zlecanie bieżącej lub planowej obsługi maszyn i zamawianie części zamiennych potrzebnych do przeprowadzenia stosownych napraw. Rozwiązanie takie może też umożliwiać uruchamianie zlecenia obsługi, a także przygotowywanie informacji o zrealizowanych zleceniach w formie raportów. Zakres możliwości takiego rozwiązania zależy od wymagań użytkownika.

W TPP potrzebna jest zarówno dokumentacja konstrukcyjna, jak też i technologiczna. Dokumentację konstrukcyjną, na którą składają się rysunki wykonawcze i złożeniowe przygotowuje się ze wspomaganie komputerowym. Potrzebny jest kolejny krok, tak by w wersji elektronicznej przygotowywano:

1. karty technologiczne i instrukcje obróbki części składowych wyrobu;
2. karty technologiczne oraz instrukcje obróbki wyrobu, w tym z zastosowaniem szczegółowego opisu warunków i stosowanych metod;
3. karty technologiczne oraz instrukcje montażu wyrobu;
4. obliczenia czasów wykonania wyrobu;
5. obliczenia parametrów prowadzonych procesów.

Obliczenia parametrów procesu mogą dotyczyć zarówno procesów obróbkowych jak i montażu. Może być też potrzebna w TPP informacja opracowana w formie: wykazu materiałów, elementów znormalizowanych, zamówień zewnętrznych i wewnętrznych czy spisu pomocy warsztatowych. Wszystkie wyżej wymienione czynności powinny być możliwe do realizacji ze wspomaganie komputerowym.

W przypadku konstrukcyjnego przygotowania wyrobu dostępne handlowo oprogramowanie typu CAD oferuje na tyle szerokie możliwości korzystania i zapewnia taką łatwość obsługi, że praktycznie trudno sobie dzisiaj wyobrazić konstrukcyjne przygotowanie produkcji bez wspomaganie komputerowego.

Kolejnym zagadnieniem wymagającym analizy jest przenoszenie informacji z systemów CAD do systemów CAM. Jest to znaczące ułatwienie, jeśli chodzi o przygotowanie programu pracy na maszynę technologiczną sterowaną numerycznie [1]. Koniecznym jest rozpoznanie trudności w poprawnym przesyłaniu danych z CAD do CAM. Problemem jest kompatybilność systemów CAD/CAM. Bezbłędny transfer danych korzystnie przełoży się na efekty i wydajność prowadzonych prac, a przez to na organizację funkcjonowania przedsiębiorstwa.

W większości przedsiębiorstw dokumentacja ciągle jeszcze występuje jedynie w postaci papierowej. Zdarzają się też przypadki, że jej po prostu nie ma. Z kolei przejście na zapis cyfrowy powoduje zmiany w organizacji pracy i wymaga inwestycji w sprzęt i oprogramowanie. Przede wszystkim jednak konieczne jest przeszkolenie (lub zatrudnienie) pracownika który będzie korzystał z programów komputerowych. I to są główne problemy na jakie wskazują w przedsiębiorstwach, w obszarze wprowadzania rozwiązań informatycznych.

Niemniej z punktu widzenia jakości i czasu prowadzonego procesu projektowania, ale także możliwości zarządzania dokumentacją konstrukcyjną i technologiczną stosowanie oprogramowania umożliwiającego cyfrowy zapis przygotowanych opracowań powinno być powszechne. Należy wnioskować, że w najbliższym czasie sytuacja występowania dokumentacji jedynie w wersji papierowej, będzie się odwracała, na korzyść zwiększenia rozwiązań cyfrowego zapisu informacji, a to wymagać będzie opracowywania rozwiązań dedykowanych.

## **5. Podsumowanie**

Zagadnienie komputerowego wspomaganie przedsiębiorstw produkcyjnych pozostaje ciągle aktualne. Wynika z tego konieczność usystematyzowania problemów przedsiębiorstw w zakresie komputerowego wspomaganie zarządzania, a w konsekwencji potrzeba zaproponowania dróg rozwoju przedsiębiorstw produkcyjnych ze wspomaganie informatycznym i opracowanie rozwiązań dla rozpoznanych potrzeb. Potrzeby te lokują się w różnych obszarach funkcjonowania przedsiębiorstwa. Liczba przedstawionych problemów wskazuje, że jest to zagadnienie bardzo złożone, które wymaga starannego przygotowania ze strony przedsiębiorstw. Koniecznym wydaje się opracowanie wariantów (dróg) praktycznej realizacji informatycznego wspomaganie procesów zarządzania w przedsiębiorstwach produkcyjnych. Nie widać też możliwości przedstawienia propozycji jednej koncepcji informatyzacji, którą można by zastosować w każdym przedsiębiorstwie. Można za to przedstawić wspólną procedurę postępowania, niemniej drogi dochodzenia do komputerowego wspomaganie funkcjonowania przedsiębiorstwa będą różne i będą zależały od wielu czynników, m.in. od świadomości potrzeby informatyzacji i możliwości realizacji, wielkości przedsiębiorstwa, stanu rozwoju czy rozpoznanych potrzeb. Komputerowe wspomaganie przedsiębiorstwa w zakresie zarządzania może odbywać się dwoma drogami: przez stosowanie ZSZ lub rozwiązań dedykowanych. Dostępne narzędzia informatyczne pozwalają już dziś na realizację tych dróg.

Indywidualne rozwiązania informatyczne wspomagające funkcjonowanie różnych obszarów przedsiębiorstwa mają być odpowiedzią na konkretne potrzeby tych przedsiębiorstw. Każde z przygotowywanych rozwiązań dedykowanych może być na bieżąco sprawdzane pod kątem przydatności do wykorzystania w praktyce funkcjonowania przedsiębiorstwa. Daje się też zauważyć, że przygotowane rozwiązania dedykowane łączą w sobie prostotę w obsłudze z oczekiwaniami użytkownika, ułatwiając korzystanie dzięki posiadanym walorom użytkowym. Przygotowane rozwiązania dedykowane należy traktować jako gotowe narzędzia informatyczne usprawniające dotychczasowe funkcjonowanie przedsiębiorstwa w obszarach w których mają zastosowanie.

W przypadku rozwiązań dedykowanych spełniają one kilka funkcji, tzn. oprócz wspomagania prac merytorycznych pozwalają przełamywać niechęć i obawy związane ze stosowaniem wspomagania komputerowego oraz przyzwyczajają do korzystania z rozwiązań informatycznych w codziennej pracy, stanowią najlepszą argumentację przemawiającą za wdrażaniem i korzystaniem z rozwiązań informatycznych w przedsiębiorstwach.

Stosowanie wspomagania komputerowego przekłada się na organizację pracy przedsiębiorstwa, a w konsekwencji na zarządzanie. Rozwiązaniem na poziomie zarządzania strategicznego będą ZSZ, natomiast na poziomie zarządzania operatywnego potrzebnych jest szereg rozwiązań wspomagających, co opisano powyżej. Istotną przesłanką sposobu wprowadzania wspomagania komputerowego jest wielkość przedsiębiorstwa. O ile w dużych przedsiębiorstwach jest możliwość wprowadzania ZSZ, to już w małych przedsiębiorstwach pojawia się cały szereg barier we wdrażaniu takich systemów. Dlatego alternatywną propozycją w takim przypadku byłoby wprowadzanie wspomagania komputerowego przez przygotowywanie indywidualnych rozwiązań informatycznych.

## LITERATURA

1. Bernat P.: Komputerowe wspomaganie w zakresie technicznego przygotowania produkcji, [w:] *Zastosowania Informatyki w Inżynierii Produkcji*, Monografia pod red. Antoniego Świcia, Wydawnictwa Uczelniane Politechniki Lubelskiej, Lublin 2009, s 7-17.
2. Bernat P. i inni: *Racjonalność w funkcjonowaniu organizacji. Przykłady rozwiązań*, Monografia nr3, Oficyna Wydawnicza PWSZ, Nysa 2010
3. Bień A.: *Opracowanie koncepcji komputerowego wspomagania technicznego przygotowania produkcji*, Praca dyplomowa inżynierska. Nysa: Instytut Zarządzania PWSZ Nysa 2008
4. Szpulak M.: *Procedura przygotowania i wdrożenia zintegrowanego systemu zarządzania w przedsiębiorstwie produkcyjnym*. Praca dyplomowa magisterska. Opole: 2006, Wydział Zarządzania Politechniki Opolskiej



# **Zarządzanie przedsiębiorstwem produkcyjnym ze wspomaganie komputerowym**

## **Streszczenie**

W artykule omówiono problemy komputerowego wspomagania zarządzania przedsiębiorstwa produkcyjnego. Dla przedstawionych problemów z zakresu zarządzania przedsiębiorstwem poszukiwano rozwiązań komputerowego wspomagania umożliwiających korzystanie z informacji niezbędnej do przeprowadzenia czynności związanych z planowaniem, organizowaniem, kierowaniem i nadzorowaniem realizowanych procesów, a w szczególności produkcji.

Słowa kluczowe: przedsiębiorstwo produkcyjne, zarządzanie, wspomaganie komputerowe

## **Management of computer-aided production company**

### **Abstract**

The problems of computer-aided company management are presented in the paper. Problems connected with the use of computer aided company management and theirs solutions are discussed. The necessity of preparing individual solutions are pointed out in reference to the MSP (Micro, Small and Medium Business.

Key words: production company, management, computer aided

# **Zarządzanie przedsiębiorstwem produkcyjnym ze wspomaganie komputerowym**

**Dr inż. Piotr Bernat**

Instytut Zarządzania

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nysie

ul. Chodowieckiego 4

48-300 Nysa

e-mail: [pb@pwsz.nysa.pl](mailto:pb@pwsz.nysa.pl)