



**POLSKA AKADEMIA NAUK**  
**Instytut Badań Systemowych**

**ZASTOSOWANIA INFORMATYKI  
W NAUCE, TECHNICIE  
I ZARZĄDZANIU**

**Redakcja:**

**Jan Studziński**  
**Ludostław Drelichowski**  
**Olgierd Hryniewicz**



**ZASTOSOWANIA INFORMATYKI  
W NAUCE, TECHNICIE I ZARZĄDZANIU**

Polska Akademia Nauk • Instytut Badań Systemowych

**Seria: BADANIA SYSTEMOWE**

**Tom 41**

---

Redaktor naukowy:

**Prof. dr hab. Jakub Gutenbaum**

Warszawa 2005

**ZASTOSOWANIA INFORMATYKI  
W NAUCE, TECHNICE  
I ZARZĄDZANIU**

Redakcja:

Jan Studziński

Ludostław Drelichowski

Olgierd Hryniewicz

**Książka wydana dzięki dotacji KOMITETU BADAŃ NAUKOWYCH**

Książka zawiera wybór artykułów poświęconych omówieniu aktualnego stanu badań w kraju, w zakresie rozwoju modeli, technik i systemów informatycznych oraz ich zastosowań w różnych dziedzinach gospodarki. Kilka artykułów omawia aplikacyjne wyniki projektów badawczych i celowych Ministerstwa Nauki i Informatyzacji.

**Recenzenci artykułów:**

Dr inż. Lucyna Bogdan  
Prof. dr hab. inż. Ludosław Drelichowski  
Prof. dr hab. inż. Olgierd Hryniewicz  
Dr inż. Edward Michalewski  
Dr inż. Grażyna Petriczek  
Prof. dr hab. inż. Andrzej Straszak  
Dr inż. Jan Studziński

**Komputerowa edycja tekstu: Anna Gostyńska**

**Copyright © Instytut Badań Systemowych PAN, Warszawa 2005**

**Instytut Badań Systemowych PAN  
ul. Newelska 6, 01-447 Warszawa**

**Sekcja Informacji Naukowej i Wydawnictw  
e-mail: biblioteka@ibspan.waw.pl**

**ISBN 83-89475-03-0  
ISSN 0208-8029**



**ZASTOSOWANIA INFORMATYKI  
W NAUCE, TECHNICE I ZARZĄDZANIU**

Polska Akademia Nauk • Instytut Badań Systemowych

**Seria: BADANIA SYSTEMOWE**

**Tom 41**

---

Redaktor naukowy:

**Prof. dr hab. Jakub Gutenbaum**

Warszawa 2005

**ZASTOSOWANIA INFORMATYKI  
W NAUCE, TECHNICE  
I ZARZĄDZANIU**

Redakcja:

Jan Studziński

Ludostław Drelichowski

Olgierd Hryniewicz



Książka wydana dzięki dotacji KOMITETU BADAŃ NAUKOWYCH

Książka zawiera wybór artykułów poświęconych omówieniu aktualnego stanu badań w kraju, w zakresie rozwoju modeli, technik i systemów informatycznych oraz ich zastosowań w różnych dziedzinach gospodarki. Kilka artykułów omawia aplikacyjne wyniki projektów badawczych i celowych Ministerstwa Nauki i Informatyzacji.

Recenzenci artykułów:

Dr inż. Lucyna Bogdan  
Prof. dr hab. inż. Ludosław Drelichowski  
Prof. dr hab. inż. Olgierd Hryniewicz  
Dr inż. Edward Michalewski  
Dr inż. Grażyna Petriczek  
Prof. dr hab. inż. Andrzej Straszak  
Dr inż. Jan Studziński

Komputerowa edycja tekstu: Anna Gostyńska

Copyright © Instytut Badań Systemowych PAN, Warszawa 2005

Instytut Badań Systemowych PAN  
ul. Newelska 6, 01-447 Warszawa

Sekcja Informacji Naukowej i Wydawnictw  
e-mail: biblioteka@ibspan.waw.pl

**ISBN 83-89475-03-0**  
**ISSN 0208-8029**



## ZASTOSOWANIE SIECI PETRI'EGO DO MODELOWANIA PROCESU DYNAMICZNEJ OBSŁUGI ZLECEŃ (DOP)

**Mieczysław JAGODZIŃSKI**

Politechnika Śląska w Gliwicach  
Wyższa Szkoła Informatyki i Zarządzania w Bielsko-Białej  
<mieczyslaw.jagodzinski@polsl.pl>

**Marcin HECZKO**

Wyższa Szkoła Biznesu w Dąbrowie Górniczej  
<mheczo@wsb.edu.p>

*Artykuł dotyczy analizy procesu Dynamicznej Obsługi Zleceń (DOP) zaimplementowanego w zintegrowanym systemie informatycznym IFS Applications. Proces DOP został przedstawiony w postaci schematu bazującego na kolorowanych sieciach Petriego. Wykorzystanie kolorowanych sieci Petriego pozwoliło na opisanie procesu DOP przy użyciu języka XRL (eXtensible Markup Language).*

**Słowa kluczowe:** Sieć Petriego, DOP, XML.

### 1. Wstęp

Przy budowie systemów klasy ERP - Scheer (1994a), idea modeli była wykorzystywana od dawna. Potrzeby użytkowników opisywano diagramami przepływów danych, modelami danych i procesów w celu uzyskania wiedzy na działalność przedsiębiorstwa. Pozwala to dostrzegać specyficzne problemy przedsiębiorstwa z różnych punktów widzenia.

Pierwszy krok w kierunku zarządzania zorientowanego procesowo to identyfikacja i opis istniejących procesów. Zastosowanie myślenia procesowego wymaga szczegółowego opisanie strumieni materiałowych, przepływu informacji, powiązania ich z odpowiedzialnością, rolami i zasobami w ramach organizacji.

### 2. Sieć Petri'ego

Teoria kolorowanych sieci Petriego (CPN) - Jensen (1992) umożliwia formalny opis problemów planowania i sterowania dyskretnymi procesami produkcji na wszystkich poziomach hierarchicznych systemów CIM (ang. Computer Integrated Manufacturing) - Scheer (1994a, 1994b), co stanowi podstawę do modelowania problemów specjalnych takich jak:

- zarządzanie i bieżące sterowanie produkcją wielowersyjną,
  - dynamiczne grupowanie produktów w elastycznych systemach produkcyjnych,
  - naddane harmonogramowanie produkcji (i przebrojeń);
- oraz zastosowań do unifikacji modeli problemów klasycznych:
- planowanie operacyjne w systemach MRP II,
  - sterowanie czynnościami przeobrażania maszyn,
  - synchronizacja produkcji w liniach potokowych,
  - harmonogramowanie produkcji w gniazdach przedmiotowych o maszynach dedykowanych (job shop).

## 2.1 Sieci miejsc i tranzycji

### Definicja 1

Siecią miejsc i tranzycji (siecią P/T) nazywamy uporządkowaną szóstkę

$$PN = (P, T, A, W, K, M_0)$$

w której:

- P – skończony i niepusty zbiór miejsc,
- T – skończony i niepusty zbiór tranzycji,
- A – zbiór łuków, czyli relacja incydencji miejsc i tranzycji

$$A \subset (P \times T) \cup (T \times P)$$

- W:  $A \rightarrow \mathbb{N}$  – funkcja krotności łuków
- K:  $P \rightarrow \mathbb{N}$  – funkcja pojemności miejsc
- $M_0$ :  $P \rightarrow \mathbb{N}^0$  – funkcja znakowania początkowego
- $\mathbb{N}$  – zbiór liczb naturalnych bez zera,
- $\mathbb{N}^0$  – zbiór liczb naturalnych z zerem,

Znakowanie sieci Petriego, czyli liczby znaczników znajdujących się w poszczególnych miejscach sieci, zmienia się w wyniku odpalenia tranzycji. Warunkiem odpalenia tranzycji jest jej przygotowanie.

### Definicja 2

Niech PN będzie siecią P/T oraz niech znakowanie

$$M: P \rightarrow \mathbb{N}^0$$

będzie takie, że

$$M(p) \leq K(p), \text{ dla } p \in P$$

Tranzycja  $t \in T$  jest przygotowana, wtedy i tylko wtedy, gdy

- 1)  $M(p) \geq W(p, t)$ , dla  $p \in \bullet t$
- 2)  $M(p) \leq K(p) - W(t, p)$ , dla  $p \in t \bullet$

Gdzie:

$\bullet t = \{p \in P \mid (p, t) \in A\}$  – zbiór miejsc wejściowych tranzycji  $t$

$t \bullet = \{p \in P \mid (t, p) \in A\}$  – zbiór miejsc wyjściowych tranzycji  $t$

### Definicja 3

Niech PN będzie siecią  $P/T$ , w której  $t \in T$  jest tranzycją przygotowaną dla pewnego znakowania  $M$ . W wyniku odpalenia tranzycji  $t$  znakowanie następcicze sieci  $M'$  jest wyznaczone następującą regułą:

$$M'(p) = \begin{cases} M(p) - W(p, t), & \text{dla } p \in \bullet t / t \bullet \\ M(p) + W(t, p), & \text{dla } p \in t \bullet / \bullet t \\ M(p) - W(p, t) + W(t, p), & \text{dla } p \in \bullet t \cap t \bullet \\ M(p), & \text{dla pozostałych } p \in P \end{cases}$$

## 2.2 Sieci warunków i zdarzeń

### Definicja 4

Siecią warunków i zdarzeń (siecią  $C/E$ ) nazywamy taką sieć miejsc i tranzycji, w której pojemności miejsc i krotności łuków są równe 1.

$$\begin{aligned} K(p) &= 1, & \text{dla } p \in P \\ W(p, t) &= 1, & \text{dla } (p, t) \in A \\ W(t, p) &= 1, & \text{dla } (t, p) \in A \\ M_0: P &\rightarrow \{0, 1\} \end{aligned}$$

W sieci  $C/E$  miejsca interpretujemy jako warunki, a tranzycje jako zdarzenia.

## 3. Proces DOP

Proces DOP (Dynamic Order Processing) obejmuje możliwości konfiguracji, oznaczania i określania kosztów rzeczywistych dla zamówień klientów, zamówień zakupu i produkcyjnych. Dynamiczne przetwarzanie zamówień jest zazwyczaj wykorzystywane w produkcji obsługującej konkretne zlecenia. Generalnie, wszystkie niezbędne komponenty wymagane do wytworzenia produktu końcowego zamawiane są dla każdego zamówienia klienta. W podejściu produkcji na

zamówienie minimalizowana jest ilość zapasów w magazynie. Produkt staje się wymagalny dopiero po wprowadzeniu zamówienia klienta.

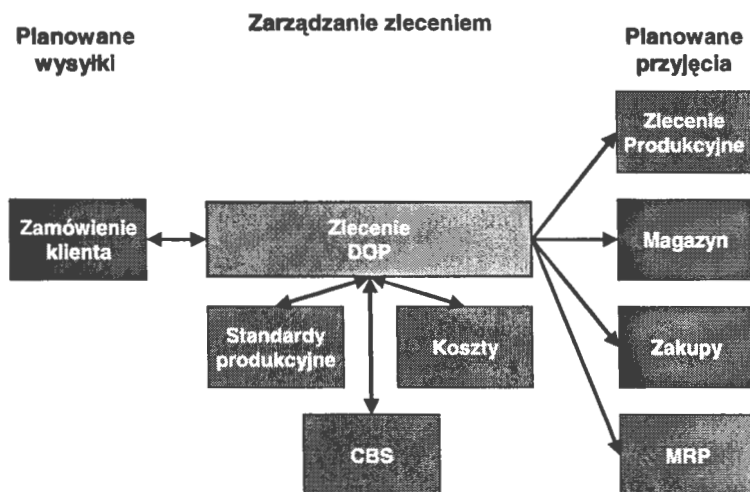
### 3.1 Opis procesu DOP

Metoda DOP jest bardzo użyteczna w różnych typach produkcji i charakteryzuje się tym, że:

- całkowity czas realizacji jest na ogół dosyć długi, jednak śledzenie postępu produkcji dla komponentów według id. DOP jest łatwe,
- każdy komponent zlecenia jest definiowany według id. DOP, dlatego w razie konieczności może być łatwo odszukany i zmodyfikowany,
- dane o kosztach rzeczywistych są zbierane według id. DOP i mogą być użyte do celów zarządzania.

Funkcje IFS DOP - Industrial & Financial Systems (2003)

- monitoring procesu obsługi zamówienia klienta od inicjacji aż po zakończenie wykonywania poprzez realizację zleceń DOP,
- zakup dodatkowych materiałów i pozycji zakupowych potrzebnych do kompletacji zleceń DOP,



Rysunek 1. Struktura procesu DOP w IFS Applications

- śledzenie zapasów materiałów i półwyrobów wymaganych do kompletacji zleceń DOP,
- tworzenie w standardach produkcyjnych standardowych struktur i marszrut do użycia jako domyślnych dla zleceń DOP,

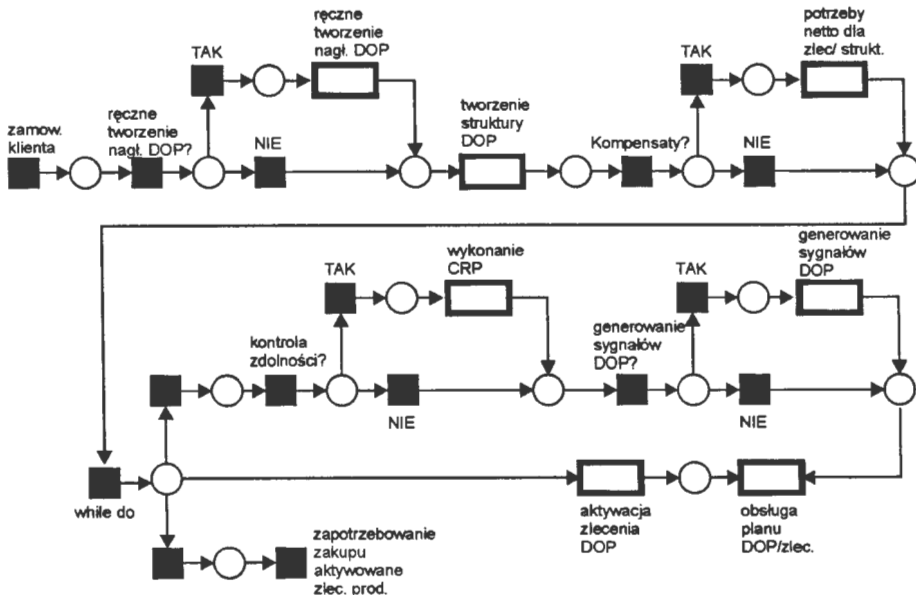
- tworzenie harmonogramów zleceń produkcyjnych dla wymaganych pozycji produkcyjnych,
- konfiguracja charakterystyk i zarządzanie bazą konfiguracyjną w celu budowania bloków, które będą użyte do generowania zleceń DOP dla pozycji konfigurowalnych,
- planowanie potrzeb materiałowych (MRP) dla zarządzania przepływem potrzeb materiałowych - Scheer A.-W. (1994a),
- informacje do analizy kosztów skojarzonych ze zleceniami DOP.

#### 4. Przykład

Opisany proces DOP posłuży za przykład procesu biznesowego modelowanego przy użyciu Sieci Petri'ego, XML oraz IFS Applications.

##### 4.1 Sieć Petri'ego

Na bazie teorii CPN oraz standardu XML powstał język XRL (eXchangable Routing Language) dający możliwość modelowania procesów zachodzących w przedsiębiorstwie - Van der Aalst, Kumar (2001); Verbeek, Hirschall., Van der Aalst (2002); Zaborowski (2001). Istniejąca notacja graficzna struktur języka XRL pozwoliła na zobrazowanie omawianego przykładu procesu DOP w postaci schematu sieci Petriego (rys. 2).



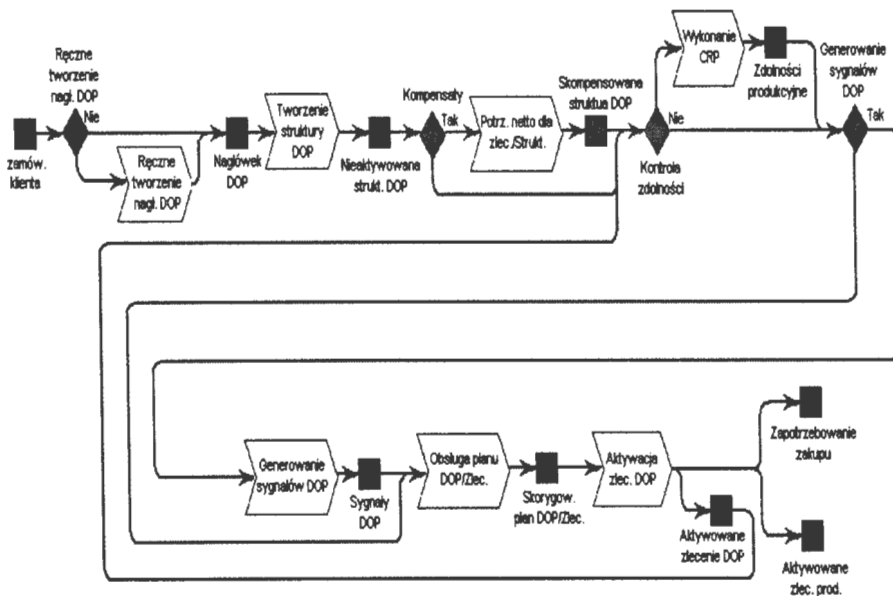
Rysunek 2. Sieć Petriego procesu DOP

## 4.2 Implementacja w XML

Z uwagi na różnorodność struktury systemów informatycznych, istotnym stało się stworzenie jednolitego standardu wymiany informacji. Bardzo wygodnym narzędziem w stosowanym do budowy interfejsu okazał się język XRL - Verbeek, Van der Aalst, Kumar (2001a). Zawiera on w sobie uniwersalność standardu XML oraz ogromne zaplecze teoretyczne bazujące na sieciach Perti'ego. W oparciu o definicje zawarte w DTD (Document Type Definition) - Verbeek, Van der Aalst, Kumar (2001b), stworzony został kod opisujący schemat sieci prezentowany na rysunku 3.

```
<?xml version="1.0"?>
<!DOCTYPE route SYSTEM "xrl.dtd">
<route name="DOP_kolejnosc_wykonywania_operacji"
created_by="Marcin_Heczko,_Maciej_Kiwer,_Mieczysław_Jagodziński" date="011203">
<sequence>
  <condition condition = " reczne_tworzenie_naglowka_DOP.result = 'true' " >
    <true>
      <task name="reczne_tworzenie_naglowka_DOP"/>
    </true>
    </false>
  </condition>
  <task name="tworzenie_struktury_DOP"/>
  <condition condition = " potrzeby_netto_dla_zleceń.result = 'true' ">
    <true>
      <task name="potrzeby_netto_dla_zleceń"/>
    </true>
    </false>
  </condition>
  <while_do condition = "aktywacja.result = 'ok' ">
    <sequence>
      <condition condition = "kontrola_zdolności.result = 'true' ">
        <true>
          <task name="wykonanie CRP"/>
        </true>
        </false>
      </condition>
      <condition condition = " generowanie_sygnalow_DOP.result = 'true' ">
        <true>
          <task name="generowanie_sygnalow_DOP"/>
        </true>
        </false>
      </condition>
      <task name="obsługa_planu_DOP"/>
      <task name="aktywacja_zlecenia_DOP"/>
    </sequence>
  </while_do>
</sequence>
</route>
```

### 4.3 Implementacja w systemach informatycznych IFS Applications



Rysunek 3. Proces DOP kolejność wykonywania operacji

## 5. Podsumowanie

Pomysł architektury bazującej na modelach stosowany był od dawna przy budowie systemów zaliczanych obecnie do klasy ERP. Wymagania użytkowników z różnych branż i przedsiębiorstw przedstawiane były w postaci diagramów przepływu danych, ich modeli i procesów. Firmy informatyczne tworzące systemy ERP wprowadzają nowe narzędzia do integracji różnych rodzajów modeli.

## Literatura

- Booch G., Rumbaugh J., Jacobson I. (1998) *The Unified Modeling language User Guide*. Addison Wesley.
- Industrial & Financial Systems (2003) dokumentacja techniczna do zintegrowanego systemu informatycznego IFS Applications.
- Jensen K. (1992) *Coloured Petri Nets: Basic concepts, Analysis methods, and Practical use*, Vol 1. 2., Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Scheer A.-W. (1994a) *CIM (Computer Integrated Manufacturing) – Towards the Factory of the Future*. Springer-Verlag.



- Scheer A.-W. (1994b) *Business Process Engineering. Reference Models for Industrial Enterprises*. Springer-Verlag.
- Van der Aalst W.M.P., Kumar A. (2001) XML Based Schema Definition for Support of Inter-organizational Workflow. Technical report Bell-Labs.
- Verbeek H.M.W., Hirsenschall A., Van der Aalst W.M.P. (2002) XRL/Flower: Supporting Interorganizational Workflows using XRL/Petri-net Technology. *Web Services, E-Business, and the Semantic Web, Lecture Notes in Computer Science*, **2512**, 93-108, Springer-Verlag, Berlin.
- Verbeek H.M.W., Van der Aalst W.M.P., Kumar A. (2001a) Verification of XRL: An XML-based Workflow Language, *Proceedings of the 6th International Conference on CSCW in Design*, 427-432. NRC Research Press, Ottawa, Canada.
- Verbeek H.M.W., Van der Aalst W.M.P., Kumar A. (2001b) XRL/Woflan: Verification of an XML/Petri-net based language for inter-organizational workflows, *Proceedings of the 6th Informatics Conference on Information Systems and Technology (CIST-2001)*, 30-45. Informatics, Linthicum.
- Verbeek H.M.W., Van der Aalst W.M.P., Kumar A. (2001c) XRL/Woflan: Verification of an XML/Petri-net-based Language for Interorganizational Workflow. *BETA Working Paper Series*, WP 65, Eindhoven University of Technology, Eindhoven.
- Zaborowski M. (2001) The follow-up scheduling in a production control system, in: *Proceedings of the 6th IFAC Workshop on Intelligent Manufacturing Systems*, Poznań, 158-163.
- Zaborowski M. (2002a) A Petri net based model for control of complex manufacturing operation systems, in: *Proceedings of the IASTED International Conference on Applied Modeling and Simulation*, Cambridge, USA, 381-388.
- Zaborowski M. (2002b) Industrial Petri nets. *Archives of Control Sciences*, **12(XLVIII)**, 1-2, 5-21.

## THE PETRI NETS APPLICATION TO MODELING DOP PROCESSES

*Process approach to the issue connected with a production control finds whole range of followers. Article presents various ways of modeling identified business processes. Dynamic Order Processing (DOP) process implemented in IFS Application system will make a good example here. This process was described by a diagram based on Coloured Petri Net (CPN) theory. The usage of CPN allowed to describe DOP using eXtensible Markup Language (XML). The final part of the article is devoted to the modeling and implementation of the discussed process with the usage of IFS Applications.*

**Keywords:** Petri Net, DOP (Dynamic Order Processing), XML (eXtensible Markup Language).

**Jan Studziński, Ludosław Drelichowski, Olgierd Hryniewicz  
(Redakcja)**

**ZASTOSOWANIA INFORMATYKI  
W NAUCE, TECHNICE I ZARZĄDZANIU**

Monografia zawiera wybór artykułów dotyczących informatyzacji procesów zarządzania, prezentując bieżący stan rozwoju informatyki stosowanej w Polsce i na świecie. Zamieszczone artykuły opisują metody, algorytmy i techniki obliczeniowe stosowane do rozwiązywania złożonych problemów zarządzania, a także omawiają konkretne zastosowania informatyki w różnych sektorach gospodarki. Kilka prac przedstawia wyniki projektów badawczych Ministerstwa Nauki i Informatyzacji, dotyczących rozwoju metod informatycznych i ich zastosowań.

**ISBN 83-89475-03-0**

**ISSN 0208-8029**

---

---

**W celu uzyskania bliższych informacji i zakupu dodatkowych egzemplarzy  
prosimy o kontakt z Instytutem Badań Systemowych PAN  
ul. Newelska 6, 01-447 Warszawa  
tel. 837-35-78 w. 241 e-mail: biblioteka@ibspan.waw.pl**