

# Wojciech Zoleński

---

## Koncepcja narzędzia informatycznego wspomagającego realizację procesów biznesowych w przedsiębiorstwach przemysłu budowy maszyn

---

Ekonomiczne Problemy Usług nr 104, 471-479

---

2013

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej [bazhum.muzhp.pl](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

WOJCIECH ZOLEŃSKI

Politechnika Śląska

KONCEPCJA NARZĘDZIA INFORMATYCZNEGO WSPOMAGAJĄCEGO  
REALIZACJĘ PROCESÓW BIZNESOWYCH W PRZEDSIĘBIORSTWACH  
PRZEMYSŁU BUDOWY MASZYN

**Wprowadzenie**

Znaczna część procesów biznesowych powinna być realizowana według jednoznacznie ustalonych zasad. Wynika to między innymi z regulacji prawnych, potrzeby zapewnienia zgodności z systemami normalizacyjnymi, systemami zarządzania jakością oraz procedurami certyfikacji wyrobów i procesów wytwarzania. W szczególności uwarunkowania takie występują w przedsiębiorstwach przemysłu budowy maszyn.

Podporządkowanie procesów biznesowych ustalonym zasadom może zapewnić odpowiedni system procedur. Procedura to ustalony sposób postępowania, przy czym „sposób oznacza tok działania, a więc skład i układ jego stadiów”<sup>1</sup>. Procedury na ogół wyrażone są językiem opisowym (werbalnie), co sprawia, że nie zawsze są wystarczająco precyzyjne i jednoznaczne. Z tego względu uzasadnione jest opracowanie odpowiednich narzędzi informatycznych wspomagających formułowanie, testowanie, optymalizację i realizację procedur.

Przedstawione w artykule koncepcje i prototypowe narzędzia zostaną wykorzystane, a następnie będą sukcesywnie rozbudowywane w systemie informatycznym wspomagającym zarządzanie wiedzą<sup>2</sup> w przedsiębiorstwach przemysłu budo-

---

<sup>1</sup> T. Kotarbiński: *Traktat o dobrej robocie*, PWN, Warszawa 1981.

<sup>2</sup> K. Dohn, A. Gumiński, W. Zoleński: *Assumptions for the creation of a system supporting knowledge management in enterprises of mechanical engineering industry*, Konferencja Naukowa „Information Systems in Management”, SGGW, Warszawa 2011.

wy maszyn, opracowywanym w ramach projektu badawczego rozwojowego realizowanego w Instytucie Zarządzania i Administracji Wydziału Organizacji i Zarządzania Politechniki Śląskiej.

### **1. Przesłanki informatycznego wspomaganie procesów biznesowych w przedsiębiorstwach przemysłu budowy maszyn**

W ramach realizowanego projektu w przedsiębiorstwach przemysłu budowy maszyn prowadzone były badania, których celem było między innymi rozpoznanie specyfiki procesów biznesowych oraz wspomaganie ich przez systemy informacyjne przedsiębiorstw<sup>3</sup>.

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

- W przedsiębiorstwach procesy produkcyjne mają charakter obróbczo-montażowy; w procesach tych występują liczne i różnorodne operacje produkcyjne.
- W procesach produkcyjnych występuje wiele podzespołów i części znormalizowanych; wytwarzanie niektórych z nich podlega odpowiednim procedurom certyfikacyjnym.
- Znacząca część produkcji to produkcja jednostkowa i małoseryjna, co pociąga za sobą dużą różnorodność wytwarzanych wyrobów.
- Okoliczności te sprawiają, że zbiór procedur obowiązujących w przedsiębiorstwach przemysłu budowy maszyn jest bardzo liczny.
- W procesie wytwarzania występują liczne i rozległe powiązania kooperacyjne, co wymaga przestrzegania jednolitych, uzgodnionych z kooperantami procedur postępowania.
- W przedsiębiorstwach przemysłu budowy maszyn zatrudnia się wysoko wykwalifikowanych pracowników, z których każdy wykonuje bardzo wiele różnorodnych zadań.

Duża wrażliwość branży na czynniki koniunkturalne rzutuje na poziom zatrudnienia i zwiążaną z tym rotację kadrową.

Zadania produkcyjne wykonywane są więc przez różnych, zmieniających się wykonawców. Dlatego procedury postępowania powinny być skodyfikowane, zrozumiałe i jednoznaczne, a realizowane na ich podstawie działania nie mogą zależeć od subiektywnej interpretacji wykonawcy.

Specyfika zadań ma wpływ na zastosowanie odpowiedniego modelu komputerowego wspomaganie ich realizacji.

---

<sup>3</sup> K. Dohn, A. Gumiński, W. Zoleński: *op. cit.*

## 2. Charakterystyka zadań proceduralnych i modele komputerowego wspomaganie ich realizacji

Procedura to ustalony sposób postępowania. W przypadku realizacji procedury przez system algorytmiczny (np. komputerowy) konieczna jest pełna formalizacja wszystkich działań i uwarunkowań mających wpływ na kolejność działań.

W procedurach formalnych mogą wystąpić następujące grupy instrukcji<sup>4</sup>:

- sekwencje działań elementarnych lub złożonych (podprocedur);
- instrukcje wyboru, w których występują warunki oraz działania, jakie należy podjąć w przypadku spełnienia poszczególnych warunków;
- instrukcje powtórzeń (pętle, instrukcje iteracji) zalecające powtarzanie działania, dopóki spełniony jest pewien warunek.

Procedury realizowane z udziałem ludzi są sformalizowane tylko częściowo, znaczna część procedury wyrażona jest językiem opisowym. Brak pełnej formalizacji i niejednoznaczność opisu może powodować następujące konsekwencje:

- Procedura jest niezrozumiała – wykonawcy nie rozumieją właściwie instrukcji działań.
- Procedura jest niejednoznacznie interpretowana – różni wykonawcy różnie interpretują instrukcje działań, nie zawsze zgodnie z intencją autora procedury.
- Procedura jest niejednoznaczna pod względem formalnym – w tych samych okolicznościach możliwe jest podjęcie różnych działań.
- Procedura jest niepełna, nie uwzględnia wszystkich możliwych uwarunkowań i związanych z nimi działań.
- Procedura zawiera sprzeczności związane z uwarunkowaniami (występujące w procedurze warunki nie mogą być nigdy spełnione) lub związane z zalecanymi działaniami (zalecane działania są nierealizowalne).
- Procedura jest nieskuteczna, tzn. nie prowadzi (zawsze lub w niektórych okolicznościach) do osiągnięcia wyznaczonego celu.
- Procedura nie jest optymalna. W bardziej złożonych procedurach (wielowariantowych) wyznaczony cel daje się osiągnąć różnymi sposobami postępowania, którym można przypisać pewne kryteria jakości (np. czas realizacji procedury). W procedurach sformułowanych w języku werbalnym na ogół dąży się do uproszczenia opisu przez ujednoczenie postępowania, co zwykle wiąże się z utratą optymalności działania.

W przedsiębiorstwach przemysłu budowy maszyn realizowane są zadania proceduralne o różnej złożoności, różnym stopniu trudności, jednoznaczności i powtarzalności, wymagające wykonawców o różnym poziomie kompetencji.

---

<sup>4</sup> T.H. Cormen, C.E. Leiserson, R.L. Rivest: *Wprowadzenie do algorytmów*, WNT, Warszawa 2007.

W szczególności można wyróżnić następujące typy zadań i modele komputerowego wspomaganie ich realizacji:

- Procedury sekwencyjne (jednościeżkowe) opisane przez ciąg kolejnych instrukcji wykonawczych występujących zawsze w tej samej kolejności. Komputerowe wspomaganie realizacji takich procedur sprowadza się do interaktywnego dostarczania i wyszukiwania informacji (zwłaszcza opisowej i graficznej) potrzebnej wykonawcy w kolejnych działaniach. Informacja zorganizowana jest w taki sposób, aby wykonawca, w zależności od bieżących, indywidualnych potrzeb, miał dostęp do instrukcji o odpowiednim stopniu szczegółowości.
- Procedury z instrukcjami wyboru (wielościężkowe), których realizacja uwarunkowana jest czynnikami zewnętrznymi, niezależnymi lub tylko częściowo zależnymi od działań wykonawcy. Skład i układ działań w takiej procedurze nie jest stały. Narzędziami informatycznymi wspomagającymi realizację takich procedur jest interaktywny system dostarczania informacji oraz system ekspertowy wnioskujący wstecz. Wybór pierwszego działania dokonywany jest przez system ekspertowy na podstawie informacji o początkowym stanie czynników mających wpływ na realizację procedury. W kolejnych krokach system ekspertowy zadaje wykonawcy pytanie o wynik poprzedniego działania oraz o ewentualne zmiany innych czynników warunkujących przebieg procedury, po czym wyznacza kolejne działanie.
- Procedury z instrukcjami wyboru, podlegające optymalizacji. W wielu przypadkach struktura logiczna oraz uwarunkowania procedury nie wyznaczają jednoznacznie składu i układu działań. W konkretnej sytuacji decyzyjnej możliwe są różne warianty działań, charakteryzujące się różnymi wartościami wybranych kryteriów jakości, takich jak czas realizacji, efektywność ekonomiczna czy pewność osiągnięcia wyznaczonego celu. Złożoność struktury logicznej procedury oraz zależność od czynników losowych mogą sprawić, że wybór optymalnego wariantu realizacyjnego nie jest łatwy. Na ogół konieczne jest przeprowadzenie serii symulacji badawczych, na podstawie których wyznacza się dla poszczególnych wariantów decyzyjnych wartości oczekiwane kryteriów jakości. W komputerowym wspomaganie realizacji takich procedur może znaleźć zastosowanie reguły system ekspertowy, zwłaszcza podsystem symulacji procesów o złożonej strukturze logicznej.
- Procedury słabo ustrukturyzowane. W wielu obszarach działalności przedsiębiorstw przemysłu budowy maszyn (np. zawieranie kontraktów, sprzedaż, serwis) występują zadania, dla których nie jest możliwe opracowanie sformalizowanych, efektywnych i niezawodnych procedur. Możliwe jest jednak częściowe uporządkowanie działań oraz wspomaganie wykonawcy wskazówkami heurystycznymi. Koncepcja taka nawiązuje do interaktyw-

nych systemów wspomagania decyzji<sup>5</sup>, w których może znaleźć zastosowanie hipertekstowy system informacji oraz regulowy system ekspertowy.

### 3. Prototypowe narzędzia informatyczne wspomagające realizację procedur

W komputerowym wspomaganiu realizacji zadań proceduralnych może znaleźć zastosowanie hipertekstowy system informacji i regulowy system ekspertowy. Są to zintegrowane ze sobą prototypowe narzędzia informatyczne utworzone na platformie MS Office.

Hipertekstowy system informacji<sup>6</sup> umożliwia rejestrowanie i porządkowanie wiedzy przedstawionej w postaci ujednoczonych, standardowych obiektów elementarnych. Elementarny obiekt informacji łączy w sobie jednolitą strukturę formalną z możliwością rejestrowania różnych typów danych (tekstowych, graficznych, liczbowych i innych, także bardziej złożonych, np. dowolnych obiektów pakietu MS Office). Obiektom informacji można przypisywać różne atrybuty: opisujące i interpretujące, klasyfikacyjne i wartościujące, werbalne i liczbowe (np. liczba porządkowa, data aktualizacji, źródło informacji, ocena ważności, ocena wiarygodności). Elementarne obiekty informacji mogą być ze sobą połączone relacjami nadrzędności – podrzędności lub relacjami związku w dowolną strukturę hierarchiczną (taksonomię) lub sieciową (ontologię)<sup>7</sup>. Możliwe jest też rejestrowanie obiektów swobodnych, niepowiązanych z innymi obiektami.

Regulowy system ekspertowy<sup>8</sup> przeznaczony jest do współpracy z niewielkimi modułami wiedzy, które można integrować, tworząc większą bazę wiedzy. Wiedza ma postać standardowych reguł Horna. Są to reguły (implikacje ekspertowe) z jednym wnioskiem, których części warunkowe mają postać koniunkcji stwierdzeń. Wniosek jest zawsze stwierdzeniem bez negacji.

Warunki i wnioski występujące w regułach są zdaniem logicznymi (a nie funkcjami zdaniowymi), czyli nie występują w nich zmienne. Rozwiązanie takie upraszcza budowę systemu wnioskującego i zapewnia stabilność jego działania. W procesie wnioskowania nie występuje eksplozja kombinatoryczna, nie jest też możliwe zapętlenie się systemu, jeżeli tylko reguły nie są sprzeczne zewnętrznie.

---

<sup>5</sup> W. Zoleński: *Wybrane modele interaktywnych systemów wspomagania decyzji*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 702, Ekonomiczne Problemy Usług nr 87, Szczecin 2012.

<sup>6</sup> W. Zoleński: *Narzędzia informatyczne wspomagające zarządzanie wiedzą*, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Organizacja i Zarządzanie, zeszyt nr 41, Gliwice 2007.

<sup>7</sup> A. Jashapara: *Zarządzanie wiedzą*, PWE, Warszawa 2006.

<sup>8</sup> W. Zoleński: *Narzędzia wspomagające tworzenie systemów eksperckich*, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Organizacja i Zarządzanie, zeszyt nr 15, Gliwice 2003.

Baza wiedzy może mieć strukturę wielopoziomową. System rozpoznaje poziom stwierdzeń i typ stwierdzenia, tj.:

- warunki dopytywalne, czyli stwierdzenia poziomu zerowego; stwierdzenia te nie są wnioskami żadnej reguły;
- wnioski końcowe, czyli stwierdzenia, które nie występują w części warunkowej żadnej reguły;
- wnioski pośrednie, czyli stwierdzenia będące jednocześnie wnioskami jednych reguł i warunkami innych.

Stwierdzenia w części warunkowej reguł mogą występować jednocześnie w postaci prostej (bez negacji) i zanegowanej, tworząc rozwiniętą bazę wiedzy. Dzięki temu wiedzę daje się przedstawić w postaci wielopoziomowo zagnieżdżonych zasad (stwierdzeń w postaci prostej) i wyjątków (stwierdzeń zanegowanych). Umożliwia to wyrażenie złożonych (niemonotonicznych) zależności logicznych w sposób znacznie uproszczony.

Reguły i stwierdzenia mogą być dokładne lub przybliżone. W systemie zastosowano logikę trójwartościową z wartościami logicznymi: Prawda (1), Brak wiedzy (0), Fałsz (-1). Rozwiązanie takie posiada następujące zalety:

- Wnioskowanie jest monotoniczne nie tylko w elementarnych, ale także w rozwiniętych bazach wiedzy (wnioskowanie w logice dwuwartościowej byłoby niemonotoniczne).
- Ekspertyza jest dokładniejsza (można odróżnić wniosek niepewny od nieprawdziwego) i tańsza – w pewnych przypadkach można zrezygnować z ustalania wartości logicznej niektórych warunków dopytywanych.
- Rozróżnienie prawdy, fałszu i braku wiedzy odpowiada intuicji użytkownika.
- Wnioskowanie przybliżone jest naturalnym uogólnieniem wnioskowania dokładnego.

W przypadku wnioskowania w logice przybliżonej (np. rozmytej), stwierdzeniom zamiast wartości logicznych przypisuje się współczynniki CF (*Certainty Factor*) z przedziału [-1, 1]. Współczynniki CF przypisuje się także regułom. Współczynniki CF reguł mają zazwyczaj wartości dodatnie. Jeżeli stwierdzenie jest całkowicie prawdziwe i pewne, to odpowiada mu współczynnik  $CF = 1$ . Jeżeli stwierdzenie jest całkowicie nieprawdziwe i pewne, to odpowiada mu współczynnik  $CF = -1$ . W pozostałych przypadkach współczynnik CF jest bliżej nieokreśloną wypadkową prawdziwości i pewności. W przypadku stwierdzeń, których  $CF \in (-\frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ , na ogół przyjmuje się, że nie da się określić ich prawdziwości ani pewności (w logice trójwartościowej: Brak wiedzy).

W skład systemu ekspertowego RSE wchodzi cztery moduły: moduł wspomagający interaktywną edycję baz wiedzy, wnioskująco-przeliczający arkusz ekspertowy, moduł graficznej prezentacji wiedzy i wizualizacji ścieżek wnioskowania oraz moduł symulacji procesów o złożonej strukturze logicznej.



1. Moduł wspomagający interaktywną edycję baz wiedzy. Reguły w większości systemów ekspertowych mają postać wyrażeń zbliżonych do zdań języka naturalnego. Wadą takiego zapisu jest konieczność powtarzania tych samych stwierdzeń, jeżeli występują w kilku różnych regułach. Ma to wszystkie niekorzystne konsekwencje związane z redundancją informacji, tj. duże rozmiary bazy wiedzy oraz anomalie przy wstawianiu, usuwaniu i modyfikacji informacji. W szczególności istnieje możliwość wystąpienia błędów logicznych w przypadku popełnienia nawet niewielkiej pomyłki (np. literowej) przy wprowadzaniu lub modyfikacji stwierdzeń. W regułowym systemie ekspertowym zaproponowano inne rozwiązanie. Baza wiedzy zapisana jest w samoorganizującej się tablicy reguł Horna. Każde stwierdzenie (warunek lub wniosek) zapisane jest tylko raz. Na przecięciu  $i$ -tego stwierdzenia i  $j$ -tej reguły  $R_j$  wprowadza się symbole „w”, „t”, „n” o następującym znaczeniu:  
„w” –  $i$ -te stwierdzenie jest wnioskiem  $j$ -tej reguły  $R_j$ ,  
„t” –  $i$ -te stwierdzenie występuje w postaci prostej (bez negacji) w części warunkowej  $j$ -tej reguły  $R_j$ ,  
„n” –  $i$ -te stwierdzenie występuje w postaci zanegowanej w części warunkowej  $j$ -tej reguły  $R_j$ .
2. Wnioskująco-przeliczający arkusz ekspertowy. Tablica reguł Horna, uzupełniona o pola edycji współczynników CF stwierdzeń i reguł, staje się arkuszem ekspertowym. Arkusz ekspertowy jest arkuszem kalkulacyjnym, w którego komórkach znajdują się odpowiednie formuły. Wprowadzenie wartości logicznych (lub CF) warunków dopytywalnych wyznacza wartości logiczne wniosków. Arkusz ekspertowy jest prostym i wygodnym systemem ekspertowym wnioskującym w przód, realizującym interaktywnie proces wnioskowania. Koncepcja wnioskowania w arkuszu wnioskującym zapewnia dużą elastyczność systemu. Użytkownik może zdefiniować własne formuły przekształcające zmienne liczbowe (lub zmienne innego typu) na zmienne logiczne. Podobnie można zdefiniować zasady przekształcania wartości logicznych wniosków na zmienne liczbowe.
3. Moduł graficznej prezentacji wiedzy i wizualizacji ścieżek wnioskowania. Przedstawienie wiedzy w postaci graficznej pomaga zrozumieć jej wewnętrzną strukturę oraz zależności zachodzące pomiędzy regułami i grupami reguł. Moduł tworzy graficzną reprezentację wiedzy w postaci interaktywnych grafów. Struktura grafu odpowiada strukturze arkusza ekspertowego. Rozwiązanie takie umożliwia graficzne uzasadnianie wyprowadzonych wniosków.
4. Moduł symulacji procesów o złożonej strukturze logicznej<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> W. Zoleński: *Symulowanie procesów o złożonej strukturze logicznej*, w: *Czynniki kształtujące elementy systemu zarządzania współczesną organizacją*, red. A. Karbownik, Politechnika Śląska 2008.



## Podsumowanie

W artykule przedstawiono ogólną charakterystykę procesów biznesowych i zadań realizowanych w przedsiębiorstwach przemysłu budowy maszyn. Znaczna część zadań powinna być realizowana zgodnie z ustalonymi procedurami. W poszczególnych przypadkach różny może być ich stopień złożoności, szczegółowości i jednoznaczności. W artykule przedstawiono różne modele komputerowego wspomagania działań proceduralnych. W realizacji tych zadań może znaleźć zastosowanie hipertekstowy system informacji oraz regulowy system ekspertowy.

\*\*\*

Publikacja sfinansowana ze środków na naukę w latach 2010–2013 jako projekt badawczy rozwojowy Nr 03-0112-10 /2010 z dnia 09.12.2010 r.

## Literatura

1. Cormen T.H., Leiserson C.E., Rivest R.L.: *Wprowadzenie do algorytmów*, WNT, Warszawa 2007.
2. Dohn K., Gumiński A., Zoleński W.: *Assumptions for the creation of a system supporting knowledge management in an enterprises of mechanical engineering industry*, Konferencja Naukowa „Information Systems in Management”, SGGW, Warszawa 2011.
3. Jashapara A.: *Zarządzanie wiedzą*, PWE, Warszawa 2006.
4. Kotarbiński T.: *Traktat o dobrej robocie*, PWN, Warszawa 1981.
5. Zoleński W.: *Narzędzia wspomagające tworzenie systemów eksperckich*, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Organizacja i Zarządzanie, zeszyt nr 15, Gliwice 2003.
6. Zoleński W.: *Narzędzia informatyczne wspomagające zarządzanie wiedzą*, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Organizacja i Zarządzanie, zeszyt nr 41, Gliwice 2007.
7. Zoleński W.: *Symulowanie procesów o złożonej strukturze logicznej*, w: *Czynniki kształtujące elementy systemu zarządzania współczesną organizacją*, red. A. Karbownik, Politechnika Śląska 2008.
8. Zoleński W.: *Wybrane modele interaktywnych systemów wspomagania decyzji*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 702, Ekonomiczne Problemy Usług nr 87, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2012.

## **SELECTED MODELS OF INTERACTIVE DECISION SUPPORT SYSTEMS**

### **Summary**

The paper discussed the general characteristics of business processes and tasks realised in mechanical engineering industry enterprises. A significant part of business processes should be realised according to established procedures. In particular cases, there may be a different level of complexity, detail and clarity of these processes. The author presents different models of computer-aided procedural actions. The realisation of these tasks and processes the hypertext information system and the rule-based expert system can be applied.

*Translated by Adam Gumiński*