

Jerzy CYKLIS, Krzysztof KRUPA
Politechnika Krakowska

ALGORYTM GENEROWANIA DANYCH DLA STEROWANIA ESP

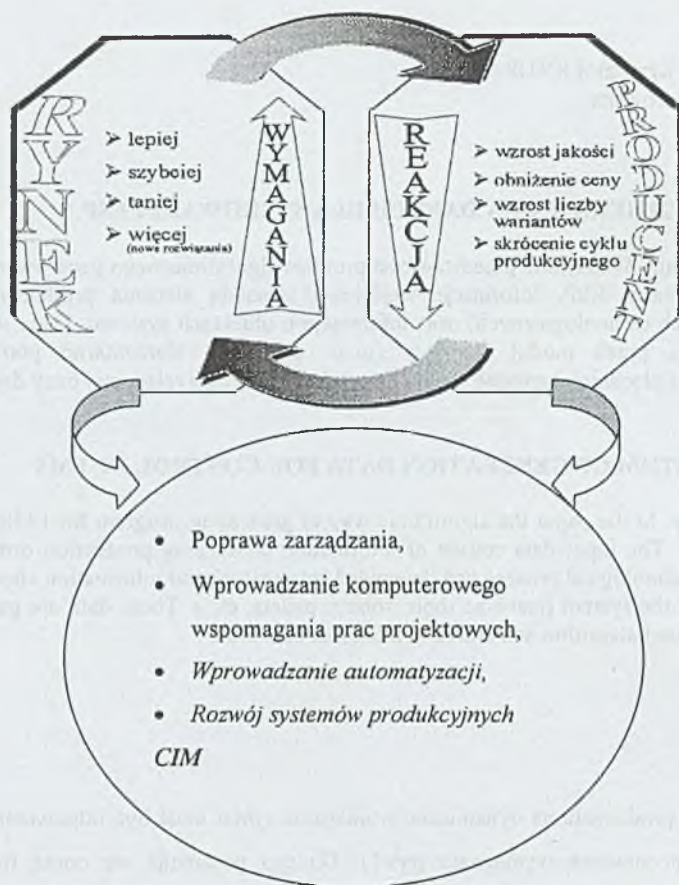
Streszczenie. W artykule przedstawiono problem algorytmicznego generowania danych dla sterowania ESP. Informacje wejściowe stanowią zlecenia produkcyjne (dane o procesach technologicznych) oraz informacje o obiektach systemu. Dane wyjściowe, wymagane przez moduł sterujący (m.in. czynności elementarne potrzebne do wykonania zlecenia), zapisane są w odpowiednich tabelach relacyjnej bazy danych.

THE ALGORITHM OF GENERATION DATA FOR CONTROL OF FMS

Summary. In the paper the algorithmic way of generating program for FMS control is presented. The input data consist of information concerning production order (on the base of technological process and demanded batch sizes) and information about existing objects in the system (machine tools, robots, pallets, etc.). These data are generated in the presented algorithm and stored in relational data base.

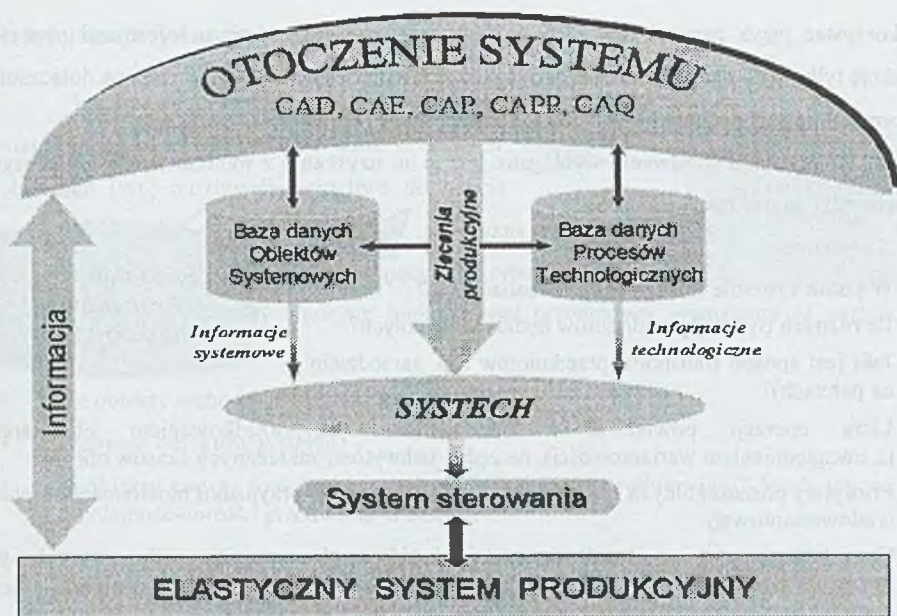
1. Wstęp

Reakcja producenta na dynamiczne wymagania rynku musi być odpowiednio szybka oraz spełniać postawione wymagania (rys.1). Dlatego poszukuje się coraz to lepszych rozwiązań w każdej niemal dziedzinie, począwszy od zarządzania po elementy wykonawcze systemów produkcyjnych. Połączeniem wszystkich działań zmierzających do wytworzenia i sprzedaży produktu jest komputerowo zintegrowane wytwarzanie (CIM) (rys.1). Obszary CIM łączone są w funkcjonalne grupy, nazywane modułami. W części CIM zajmującej się opracowaniem produktu (koncepcja, przygotowanie technologii itd.) oraz jego wytworzeniem istotną rolę odgrywa gromadzenie i wymiana informacji między poszczególnymi modułami. Do gromadzenia informacji stosuje się bazy danych. Pomimo kilku różnych ich typów, jest to dziedzina stosunkowo dobrze opracowana. W wymianie informacji dąży się do ujednoczenia protokołów zarówno zapisu (np. formaty: DXF, IGES, VDAFS,...), jak i transmisji danych (np. TCP/IP, NetBEUI, IPX,...). Istnieją tu jednak pewne problemy, jak np. zapis informacji niegeometrycznych w systemach CAD [5].



Rys. 1. Relacja Rynek-Producent
 Fig. 1. Relation Market-Producer

Wymiana informacji między ESP a jego otoczeniem jest warunkiem koniecznym właściwej realizacji procesu produkcyjnego. Z otoczenia systemu pochodzi zlecenie produkcyjne, które niesie informację o zakładanych do realizacji procesach technologicznych oraz wykorzystywanych obiektach systemu wytwarzania (rys.2). Jednak aby ESP właściwie funkcjonował, musi istnieć system sterowania, którego zadaniem jest interpretacja zlecenia, i takie sterowanie elementami wykonawczymi, aby zlecenie zostało wykonane. Konieczne więc jest zbudowanie interfejsu łączącego informacje technologiczne i systemowe w taki sposób, aby na ich podstawie sterować ESP.



Rys.2. Wymiana informacji między otoczeniem a ESP

Fig.2. Exchange of information between environment and FMS

2. Moduł sterujący ESP

Programy sterujące ESP działają na bazie jednej z kilku dostępnych metod. Mogą to być sieci Petriego [1], model macierzowy (MM) [2] czy też model relacyjny (MR) [7]. Źródłem danych dla nich są informacje wynikające z zakładanego do realizacji procesu technologicznego oraz informacje o dostępnych środkach technicznych wymaganych do jego realizacji (rys.2). Format zapisu danych musi być zrozumiały dla modułu sterującego. Nie opracowano dotychczas formatu, który byłby standardem dla tego typu działań. W niniejszych rozważaniach przyjęto, że moduł sterujący ESP działa w oparciu o model relacyjny *MR* opracowany na Politechnice Krakowskiej [7]. Właściwa jego praca wymaga informacji zapisanych w tabelach relacyjnej bazy danych. Tabele te stanowią produkt wyjściowy opracowanego, w ramach realizacji tematu, algorytmu i oprogramowania.

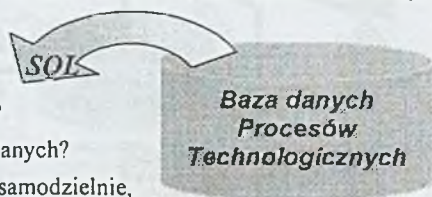
3. Informacje o procesach technologicznych

Realizacja zlecenia produkcyjnego wymaga przygotowania odpowiednich programów technologicznych. Aby uniezależnić się od sposobu ich przygotowania, a tym samym od szeregu różnorodnego oprogramowania wspomagającego przygotowanie technologii, można

wykorzystać język zapytań SQL. Pozwala to na eliminację nadmiaru informacji poprzez selekcję tylko tych danych, które są wymagane przez moduł sterujący ESP oraz na dołączenie informacji potrzebnych do innych celów niż sterowanie (np. optymalizacji).

Dla systemu sterowania wymagane jest m.in. uzyskanie z modułu technologicznego odpowiedzi na następujące pytania:

- W jakim systemie zadanie ma być realizowane?
- Ile różnych (typów) przedmiotów będzie obrabianych?
- Jaki jest sposób transportu przedmiotów (np. samodzielnie, na paletach)?
- Lista operacji powiązana z odpowiednim przyporządkowaniem obrabiarek (z uwzględnieniem wariantowości), narzędzi, uchwytów, zakładanych czasów obróbki.
- Priorytety poszczególnych rozwiązań technologicznych (w przypadku możliwości obróbki wielowariantowej).
- Czas trwania poszczególnych czynności obróbkowych, rozumiany jako suma czasu operacji i czasów pomocniczych. Parametr ten wykorzystywany jest do symulacji pracy systemu oraz może być wykorzystany do ewentualnej optymalizacji.



Dla potrzeb algorytmu umożliwiającego wygenerowanie danych wejściowych dla MR, informacje te zapisano w tabelach *Technologia* oraz *Palety i Przedmioty*.

Tabela 1

Tabela *Technologia* (fragmenty)

System	Nr PO	Nr PAL	Nr Op	Obrabiarzka	Czas	ROT	Priorytet	Opis	Grupa Priorytetów
CP-TOR1	1	1	5	OB1	00:01:53	Zalad1		Zaladunek przedmiotów	
CP-TOR1	1	1	10	OB2	00:00:53	Prog1	1	Obróbka na obrabiarce 1	1
CP-TOR1	1	1	15	OB2	00:00:59	Prog2	2	Obróbka na obrabiarce 1	1
CP-TOR1	1	1	20	OB3	00:00:33	Prog3_1	3	Obróbka na obrabiarce 2	1
CP-TOR1	1	1	30	OB4	00:00:17	Prog3_2	3	Obróbka na obrabiarce 3	1

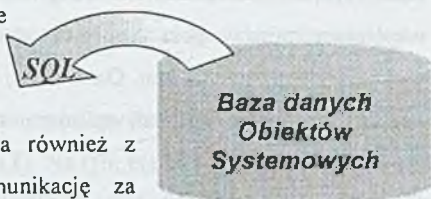
Tabela 2

Tabela *Palety i Przedmioty*

Lp.	Mnemonik PO	Nr PO	Ilość PO PO	Ilość PO na PAL	Mnemonik PAL	Nr PAL	Potrzeba PAL	Jest PO	Jest PAL	Maga-zyn Z	Maga-zyn C	Transport
1	PO	1	20	10	PAL	1	2	Nie	Tak	M	M	W
2	PO	2	30	10	PAL	2	3	Nie	Tak	M	M	W
3	PO	3	40	10	PAL	3	4	Nie	Tak	M	M	W

4. Informacje systemowe

Informacje systemowe to dane o sposobie rozmieszczenia obiektów oraz dane o samych obiektach (typ, możliwości, możliwe do użycia narzędzia i uchwyt itp.). Uzyskiwać je można również z dowolnych baz danych umożliwiających komunikację za pośrednictwem SQL. Aby algorytm funkcjonował prawidłowo, wymagane są następujące informacje:



- Jakie obiekty wchodzi w skład systemu?
- Liczebność obiektów systemu.
- Czy obiekty tworzą funkcjonalne zespoły (np. gniazda produkcyjne)? Jeżeli tak, to jaka jest kolejność obróbki przedmiotu w zespole?
- Jakie są możliwości i kryteria współpracy między obiektami (koszt, czas, ...)?

Informacje te usystematyzowano i zapisano w następujących tabelach:

- Informacja o systemach w tabeli *Systemy* ($Systemy = \{System, Opis\}$).
- Informacja o obiektach systemu zapisano w dwóch, wzajemnie powiązanych tabelach: *Obiekty* ($Obiekty = \{System, Obiekt, CzyObrabiarka, CzyTransport, CzyMagazyn, Ilosc, Opis\}$) i *ZespołyObiektow* ($ZespołyObiektow = \{System, Obiekt, Zespól, Nr w Zespole\}$).

Tablica 3

Przykład tabeli (fragment) *Obiekty*

System	Obiekt	Czy Obrabiarka	Czy Transport	Czy Magazyn	Ilość	Opis
EMCO	OB1	Nie	Nie	Nie	1	Obrabiarka 1
EMCO	OB2	Nie	Nie	Nie	1	Obrabiarka 2
TESTOR	M	Nie	Nie	Tak	1	Magazyn
TESTOR	M1	Nie	Nie	Tak	1	Magazyn 1
TESTOR	OB1	Tak	Nie	Nie	1	Obrabiarka nr 1
TESTOR	OB2	Tak	Nie	Nie	1	Obrabiarka nr 2

Tablica 4

Przykład tabeli *Zespół Obiektów (fragment)*

System	Obiekt	Zespól	Nr w Zespole
EMCO	OB1	2	1
EMCO	OB2	1	1
TESTOR	M	Mag	1
TESTOR	OB1	OB1	3
TESTOR	OB2	OB2	3
TESTOR	OB3	OB3	3
TESTOR	OB4	OB4	3

Dla każdego systemu zdefiniowano tabelę, której nazwa odpowiada nazwie systemu (dla przykładu tabelę nazwano *CzasyWspolpracy*). Wartości tej tabeli odpowiadają czasom współpracy między poszczególnymi obiektami. Jej schemat tworzony jest dynamicznie w funkcji obiektów systemu. Oznacza to, że dodanie obiektu do systemu spowoduje dodanie wiersza i kolumny do tabeli opisującej system, natomiast odpowiednią wartość przypisuje projektant systemu.

$CzasyWspolpracy = \{System, Obiekt, Obiekt1, Obiekt2, \dots, Obiekt_n\}$

Tablica 5

Fragment tabeli *CzasyWspolpracy*

System	Obiekt	W	M1	M2
TESTOR	M1	00:01:01		
TESTOR	M2	00:02:01		
TESTOR	W		00:01:11	00:01:12
TESTOR	WE1			
TESTOR	WY1	00:02:04		
TESTOR	WY2	00:01:11		
TESTOR	WY3	00:01:13		
TESTOR	WY4	00:02:13		

5. Idea algorytmu

Wydzielone dla określonego systemu i uporządkowane (wg *NrPAL*, *NrPO*, *NrOp*, *Priorytet*) operacje (wiersze) w tabeli *Technologia* pogrupowano wg przedmiotów obrabianych. Przykład wyniku takiej operacji przedstawia tabela (tab.6). Powstała w ten sposób lista operacji dla poszczególnych przedmiotów, które należy kolejno wykonać, aby uzyskać zamierzony cel (obrobić przedmiot). Zakłada się, że przedmioty nieobrobione zgromadzone są w magazynie *MagazynZrodlo* (*MagazynZ*), natomiast przedmioty po obróbce dostarczane są do magazynu *MagazynCel* (*MagazynC*).

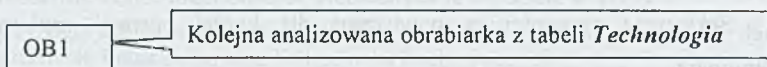
Tablica 6

Fragment tabeli *Technologia* z wydzielonymi grupami
(w ramce zaznaczono grupę dla przedmiotu nr 1)

System	NrPO	NrPAL	NrOp	Obrabiarka	Czas	ROT	Priorytet	GrupaPriorytetow
TESTOR	1	1	5	OB1	00:01:53	Zalad1		
TESTOR	1	1	10	OB2	00:00:55			Obrabiarka (kolejno z każdego wiersza) określa obiekt w tabeli <i>Obiekty</i>
TESTOR	1	1	15	OB2	00:00:59	Prog		
TESTOR	1	1	20	OB3	00:00:33	Prog3		
TESTOR	1	1	30	OB4	00:00:17	Prog3		
TESTOR	1	1	40	OB4	00:01:00	Prog4	4	1
TESTOR	1	1	50	OB1	00:01:54	Rozlad1		
TESTOR	2	2	5	OB1	00:01:55	Zalad2		

Każdy obiekt jest identyfikowany przez nazwę (ciąg znaków alfanumerycznych). Dopuszcza się przypisanie takich samych nazw obu magazynom. Oznacza to, że przedmioty przed i po obróbce gromadzone są w tym samym magazynie. Informacja ta uzyskiwana jest z tabeli *Palety i Przedmioty* (tab.2).

Pierwszą czynnością jest dostarczenie przedmiotu (i ewentualnie palety) z magazynu przedmiotów nieobrobionych na obiekt transportu (*T*). Na tym etapie (paleta oraz przedmiot obrabiany znajduje się na środku transportu *T*) należy podjąć decyzję: gdzie dostarczyć przedmiot (i ewentualnie paletę)? Odpowiedź jest zdeterminowana przez sekwencję operacji obróbkowych zapisanych w tabeli *Technologia*. Każda operacja wykonywana jest na obrabiarkie zapisanej w kolumnie *Technologia{Obrabiarka}* (tab.6). Obrabiarka ta określa odpowiadający jej obiekt w tabeli *Obiekty*. Obiekt zaś determinuje zespół obiektów (np. gniazdo produkcyjne) biorących udział w realizacji czynności związanych z wykonaniem założonej obróbki (rys.3).



Obiekty

System	Obiekt	CzyObrabiarka	CzyTransport	CzyMagazyn	Ilosc	Opis
TESTOR	OB1	Tak	Nie	Nie	1	Obrabiarka nr 1
TESTOR	OB2	Tak	Nie	Nie	1	Obrabiarka nr 2
TESTOR	OB3	Tak	Nie	Nie	1	Obrabiarka nr 3

Zespoły Obiektów

System	Obiekt	Zespół	NrvZespoł
TESTOR	M1	Mag	1
TESTOR	M	Mag	1
TESTOR	W	Trans	1
TESTOR	WE1	OB1	1
TESTOR	ZP1	OB1	2
TESTOR	OB1	OB1	3
TESTOR	ZP1	OB1	4
TESTOR	WY1	OB1	5
TESTOR	WE2	OB2	1

Rys.3. Wydzielenie współpracujących obiektów

Fig.3. Extraction group of cooperating objects

Wydzielony w sposób pokazany na rysunku (rys.3) zespół obiektów (z tabeli *ZespołyObiektów*) jest porządkowany rosnąco wg *ZespołyObiektów{Zespół, NrvZespoł}*. Dla każdego obiektu w zespole wykonuje się kolejno czynności elementarne. Innymi słowy, wykonywany jest cykl pracy zespołu obiektów [6]. Ostatnią czynnością związaną z zespołem obiektów jest przekazanie przedmiotu (palety) z obiektu na środek transportu (*T*).

Każdej czynności przyporządkowany jest czas jej trwania. W przypadku samej obróbki na obrabiarce wartość czasu pobierana jest z tabeli *Technologia* (tab.1, rys.4).

System	NrPO	NrPAL	NrOp	Obrabiarka	Czas	POT	Priorytet
TESTOR	1	1	5	OB1	00:01:53	Zalad1	0
TESTOR	1	1	10	OB2	00:00:53	Prog1	1
TESTOR	1	1	15	OB2	00:00:59	Prog2	2

Czas:00:01:53

Rys.4. Wydzielenie czasu trwania czynności z tabeli "Technologia"
Fig.4. Extraction of activity time from the table "Technologia"

Dla czynności transportowych wartość czasu odczytywana jest z tabeli *CzasyWspolpracy* (tab.5). Zaznaczona w tabeli (tab.5) komórka zawiera czas czynności przy przekazywaniu przedmiotu (palety) z wyjścia *WY2* na wózek *W*.

Sekwencje czynności są powtarzane dla każdej operacji zapisanej w tabeli *Technologia*.

Po zakończeniu obróbki analizowanego przedmiotu wykonywana jest czynność dostarczenia przedmiotu (palety) ze środka transportu *T* do magazynu przedmiotów obrabionych *MagazynC* (gotowych).

Cała procedura powtarzana jest dla każdego przedmiotu przeznaczonego do obróbki, dla którego proces technologiczny zapisano w tabeli *Technologia*.

Przedstawiona idea stanowi ogólny opis algorytmu. Więcej szczegółów uwzględniających warunki brzegowe (zmiana wariantów obróbki, zakończenie obróbki danego przedmiotu, itp.) oraz wariantowość obróbki zawarto w pracy [5].

6. Podsumowanie

Zasadniczą rolę w prawidłowej pracy komputerowo zintegrowanego systemu wytwarzania odgrywa wymiana informacji między poszczególnymi modułami.

Od kilku lat w ITMiAP Politechniki Krakowskiej prowadzone są prace w zakresie sterowania ESP uwzględniające problem integracji. W niniejszym artykule przedstawiono problem wymiany informacji między trzema modułami:

- modułem technologicznym,
- modułem informacji o systemie,
- modułem sterowania ESP na poziomie operatywnym.

Kontynuacją tej pracy jest model relacyjny [7], wykorzystujący ideę KANBAN oraz relacyjne bazy danych. Model ten, w połączeniu z prezentowanym wyżej algorytmem, umożliwia zarówno symulacje, jak i sterowanie rzeczywistych systemów zautomatyzowanych.

LITERATURA

1. Archetti F., Grotzinger S., Sciomachen A.: The Design of Petri Based Tool for the Performance Evaluation of Pick and Place Machine. IBM T.J. Watson Research Center, Yorktown Heights NY, 1986, RC 12359, pp. 1-12.
2. Cyklis J., Pierzchała W.: Modelowanie procesów dyskretnych w Elastycznych Systemach Produkcyjnych, Zeszyt Naukowy nr 3, Politechnika Krakowska 1995.
3. Cyklis J., Pierzchała W.: Simulation and Control of FMS on its Operational Level. 6th Symposium on Information Control in Manufacturing Technology, INCOM 89, Madryt, 1989, pp 1-6.
4. Cyklis J., Pierzchała W.: Taktika sterowania ESP w oparciu o model macierzowy, Zeszyt Naukowe Politechniki Śląskiej, Automatyka nr 96, 1988, s. 41-53.
5. Krupa K.: Algorytmiczne tworzenie modelu sterowania ESP na podstawie danych technologicznych, Praca doktorska, Politechnika Krakowska, 1999.
6. Krupa K., Cyklis J.: Określenie relacji między metodą cykli i metodą macierzową w modelowaniu elastycznych systemów produkcyjnych, Zeszyt Naukowe Politechniki Śląskiej 1994, s. 51-60.
7. Małopolski W.: Model sterowania ESP zintegrowanego z CIM, Praca doktorska, Kraków 1999.

Recenzent: Prof.dr hab.inż. M.Zaborowski

Abstract

The exchange of information between autonomic modules is essential for the proper work of integrated production system. In the paper the way how to exchange the information between three modules is described. These are as follows: the first one is technological process, the second one is the system information and the third one is the control of whole system on it's operational level. The input data concerning production order, that is technological process and demanded batch sizes are taken from the first one. The information about existing objects of the system like machine tools, robots, pallets, etc, are taken from the second one. Whole information taken from the both modules is processed by the presented algorithm and as an output of it we receive data, which are directly applied for the control of the system.

In the paper an example concerning the problem is described.