ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1988
Seria: AUTOMATYKA z.96 Nr kol.972

Zbigniew Banaszak
Politechnika Wrocławska

KOMPUTEROWO WSPOMAGANE HARMONOGRAMOWANIE PRACY SYSTEMU TRANSPORTOWEGO W ESP

Streszczenie. W artykule przedstawiono opis budowy i działania systemu komputerowo wspomaganego planowania procesów transportowych przebiegających w elastycznych systemach produkcyjnych (ESP). Koncepcja systemu oparta jest na pewnej metodzie automatycznej syntezy algorytmów sterowania współbieżnie przebiegającymi procesami potokowymi. Uzyskiwane algorytmy zapewniają realizację alternatywnych, dopuszczalnych wariantów przebiegu procesów transportowych. Prezentowany system pracuje w trybie interakcyjnym i umożliwia m.in. harmonogramowanie pracy systemu transportowego, ocenę stopnia wykorzystania komponentów systemu oraz analizę działania systemu transportowego w stanach awaryjnych.

1. Wstęp

Obserwowany w ostatnich latach szybki rozwój systemów ekspertowych, wspomagających podejmowanie decyzji w procesach produkcyjnych [12,13], stanowi podstawowy element trzeciego etapu automatyzacji systemów wytwórczych związanego z częściową automatyzacją procesów intelektualnych warunkujących optymalny przebieg produkcji. Rozwój przemysłowo zorientowanych systemów ekspertowych jest naturalną konsekwencją zebranych i uogólnionych doświadczeń w zakresie budowy i eksploatacji systemów komputerowo wspomaganego podejmowania decyzji w zagadnieniach związanych z: projektowaniem wyrobów, projektowaniem stanowisk produkcyjnych, planowaniem procesów technologicznych, harmonogramowaniem itp. Przykładami tego typu systemów są: systemy komputerowo wspomaganego projektowania (CAD) [7,8], planowania procesów technologicznych (CAPP) [6] oraz planowania produkcji (CAP) [1].

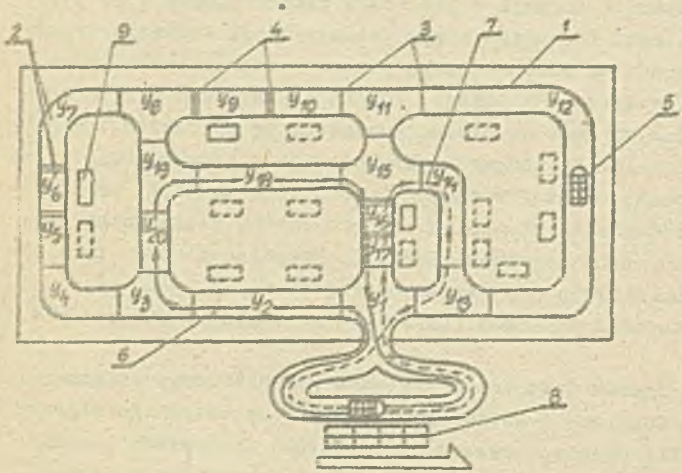
Szczególnie ważny zakres zastosowań systemów komputerowego wspomagania stanowią zagadnienia związane z automatyzacją zadań operatywnego sterowania produkcją. W chwili obecnej prowadzone są bardzo intensywne badania związane z modelowaniem i optymalizacją procesów zachodzących w czasie rzeczywistym, mające na celu stworzenie systemów wspomagających operatora w sytuacjach związanych z awariami urządzeń technologicznych, powstawaniem braków, zmianami asortymentu i priorytetów produkcji itp.
Niniejsza praca, ograniczając swój zakres do podsystemów transportu międzystanowiskowego w ESP, przedstawia opis budowy i działania dialogowego

systemu planowania procesów transportowych umożliwiającego harmonogramowanie pracy systemu w trybie "off-line". Opracowany system stanowi pierwszy etap prac (prowadzonych w ramach CPBP 02.13) związanych z budową systemu ekspertowego umożliwiającego harmonogramowanie pracy systemu transportowego w trybie "real-time".

Działanie prezentowanego w pracy systemu oparte jest na pewnej metodzie sieciowego modelowania procesów współbieżnych konkurujących o dostęp do wspólnych zasobów [2,3]. Wykorzystanie tej metody umożliwia analizę systemów transportowych o strukturach dopuszczających powstawanie blokad; co stanowi o podstawowej zalecie opracowanego systemu, wyróżniając go spośród innych [11].

2. Modelowanie systemu transportowego

Przedmiotem rozważań jest klasa podsystemów transportu międzystanowiskowego w ESP. Przyjmuje się, że tory jezdne podsystemów składają się z dowolnej ilości sektorów i mogą przyjmować dowolne konfiguracje. Wózki samojezdne przemieszczają się wzdłuż tras przejazdu wyznaczanych przez sekwencje sektorów systemu transportowego. Sekwencje sektorów określające trasy przejazdu wózków rozpoczynają się i kończą tzw. strefami wjazdu i wyjazdu wózków. W ogólnym przypadku, każda z tras może rozpoczynać się i kończyć na tym samym sektorze, co oznacza, że wprowadzanie i wyprowadzanie wózków samojezdnych odbywa się na tym samym odcinku toru jezdnego łączącego podsystem transportowy ESP z jego otoczeniem, np. zautomatyzowanym magazynem. Dopuszcza się możliwość przecinania i odcinkami wzajemnego pokrywania się różnych tras



Rys. 1. Przykładowa struktura podsystemu transportowego ESP. 1 - tor jezdny, 2 - sektory toru jezdnego, 3 - czujniki pozycjonowania zgrubnego, 4 - czujniki pozycjonowania dokładnego, 5 - wózek samojezdny, 6 - trasa przejazdu nr 1, 7 - trasa przejazdu nr 2, 8 - automatyczny magazyn, 9 - stanowisko załadunku/rozładunku palet.
Fig. 1. Structure of the automated guided vehicle system.

przejazdu. W każdej z tras może przebywać jednocześnie po kilka wózków samojezdnych.

Ilustrację struktury przykładowego systemu transportowego stanowi rys. 1, na którym przedstawiono przebiegi dwóch niezależnych tras przejazdu. Czujniki pozycjonowania zgrubnego (rozgraniczające kolejne sektory toru jezdnego) umożliwiają kontrolę położenia wózków i służą do wyznaczania sterowań determinujących ich współdziałanie. Podstawową funkcją czujników pozycjonowania dokładnego jest kontrola pozycjonowania wózków zatrzymujących się w punktach załadunku/rozładunku palet.

Trasy przejazdu wraz z czasami pobytu wózków w poszczególnych sektorach wyznaczają marszruty transportowe, tzn. ciągi par typu:

$MT_i = (O_1, Y_{j_1}), (O_2, Y_{j_2}), \ldots, (O_i, Y_{j_i}), \ldots, (O_n, Y_{j_n})$, gdzie

O_i - oznacza czas przebywania wózka z j-ej trasy przejazdu w sektorze Y_{j_i}.

Z każdą marszrutą związany jest proces przepływu wózków określony przez strumień wózków przejażdżających w określonych czasach, wzdłuż sektorów odpowiedniej trasy przejazdu.

Przedstawione założenia sprowadzają rozważany problem zautomatyzowanego planowania procesów transportowych do zagadnienia synchronizacji współbieżnie przebiegających procesów potokowych współzawodniczących o dostęp do wspólnych zasobów, tj. wspólnych sektorów toru jezdnego systemu transportowego. Zadanie synchronizacji procesów sprowadza się do wyznaczenia mechanizmu zapobiegania powstawaniu sytuacji prowadzących do blokady systemu transportowego. Zauważmy, że w przykładowych procesach, zadanych następującymi marszrutami transportowymi

$TM_1 = (O_1, Y_1), (O_2, Y_2), (O_3, Y_3), (O_4, Y_{20}), (O_5, Y_{19}), (O_6, Y_{18}), (O_7, Y_{15}),$
$(O_8, Y_{16}), (O_9, Y_{17}), (O_{10}, Y_1),$

$TM_2 = (O_{11}, Y_1), (O_{12}, Y_{17}), (O_{13}, Y_{16}), (O_{14}, Y_{14}), (O_{15}, Y_{13}), (O_{16}, Y_1)$

może dochodzić do blokady wózków, m.in. w sytuacji gdy wózek z pierwszej marszruty znajduje się w sektorze Y_{16}, w tym samym momencie gdy wózek z marszruty drugiej przebywa w sektorze Y_{17}.

Opracowany mechanizm zapobiegania, przedstawiony w pracach [3,4,5], wykorzystuje się w metodzie automatycznej syntezy sieciowych modeli reprezentujących dopuszczalne, tzn. bezblokadowe, realizacje procesów transportowych. Rozważane modele stanowią algebraiczną reprezentację pewnej klasy sieci Petri, tzw. systemu miejsce/przejście [9,10].
Automatycznie wyznaczane modele tworzone w oparciu o zadane specyfikacje procesów (zbiory marszrut transportowych), stanowią bazę dla budowy programów symulacyjnych umożliwiających ocenę różnych wariantów strategii sterowania i związanych z nimi harmonogramów pracy modelowanego systemu. Innymi słowy, bazą działania opracowanego systemu komputerowo wspomaganego planowania procesów transportowych jest algorytm automatycznej syntezy modeli sieciowych dopuszczalnych realizacji programu symulacyjnego (umoż-

liwiającego symulację dopuszczalnych realizacji modelowanych procesów transportowych) wykorzystywanego następnie m.in. do badania wpływu różnych reguł priorytetowania zadań i zasobów na wybrane, dynamiczne charakterystyki działania systemu.

3. System komputerowo wspomaganego planowania procesów transportowych

Prezentowany system opracowany został w języku Turbo C na minikomputer klasy IBM PC XT/AT. System obsługiwany jest w trybie interakcyjnym (menu--driven system) i umożliwia planowanie strategii sterowania ekstremalizujących: stopień wykorzystania wózków samojezdnych, cykle produkcyjne, obciążenia sektorów toru jezdnego, odchyłki od zadanych terminów obsługi punktów załadunku/rozładunku itp.

Możliwości wykorzystania systemu ograniczają się do obiektów, w których:

- liczba równolegle realizowanych marszrut transportowych nie przekracza pięciu marszrut,
- długości marszrut nie przekraczają liczby 100,
- liczba wózków obsługiwanych w każdej z marszrut nie przekracza liczby 100,
- liczba stref zawierających punkty załadunku/rozładunku w każdej z marszrut nie przekracza liczby 5.

Czasy pobytu każdego wózka, z serii związanej z daną marszrutą, w poszczególnych jej sektorach zadawane są indywidualnie i pozostają stałe dla wszystkich wózków z danej serii. Momenty wjazdu wózków do systemu zadawane są dla każdej marszruty oddzielnie. Istnieje opcja umożliwiająca indywidualne wprowadzanie wózków w trakcie trwania symulacji.

Przebieg symulacji obrazowany jest na diagramie Gantta ilustrującym aktualny stan (przejazd lub postój) i rozmieszczenie wózków w sektorach toru jezdnego systemu. W dowolnym momencie symulacji możliwe jest również przeprowadzenie oceny wybranych statystyk (średni czas przejazdu wózków w poszczególnych marszrutach, średnia odchyłka od zadanych terminów obsługi punktów załadunku/rozładunku itd.), wprowadzanie zmian w zakresie wykorzystywanej reguły priorytetowania wózków i marszrut oraz modelowanie napraw i uszkodzeń komponentów systemu transportowego (przebywających w systemie wózków oraz sektorów toru jezdnego). Możliwości i ograniczenia każdej z opcji MENU systemu przedstawione są w odpowiednich podopcjach dostępnych przez instrukcję HELP.

Dla ilustracji możliwości wykorzystania opracowanego systemu rozważmy następujące zadanie.

Dany jest system transportu międzystanowiskowego, o strukturze jak na rys. 1, w którym wyznaczone zostały trzy punkty załadunku/rozładunku mieszczące się w sektorach oznaczonych symbolami Y_6, Y_9 i Y_{16}. Okresy ob-

sługi tych punktów, tzn. czasy upływające między kolejnymi terminami załadunku/rozładunku, wynoszą odpowiednio 30, 40 i 60 jednostek czasu. Długość serii produkcyjnej, tzn. liczba detali kolejno obrabianych na stanowiskach związanych z sekturami Y_6, Y_9 i Y_{16}, wynosi trzy.
Należy wyznaczyć marszruty transportowe, tzn. sekwencje sektorów oraz odpowiadające im czasy pobytu wózków, minimalizujące niezbędną liczbę wózków systemu transportowego oraz czas trwania procesu produkcyjnego.
W rozważanym przykładzie rozważono następujące trzy warianty organizacji systemu transportowego:
Wariant 1.
Do obsługi zadanych punktów załadunku/rozładunku przyjęto następującą marszrutę transportową

$$MT = (O_1,Y_1),(O_2,Y_2),(O_3,Y_3),(O_4,Y_4),(O_5,Y_5),(O_6,Y_6),(O_7,Y_7),(O_8,Y_8),(O_9,Y_9),(O_{10},Y_{10}),(O_{11},Y_{11}),(O_{12},Y_{15}),(O_{13},Y_{16}),(O_{14},Y_{16}),(O_{14},Y_{17}),(O_{15},Y_1).$$

Czasy pobytu wózków w poszczególnych sektorach marszruty, uwzględniające długości sektorów, maksymalne prędkości wózków oraz czasy postoju w punktach załadunku/rozładunku, zestawione są w tablicy 1.

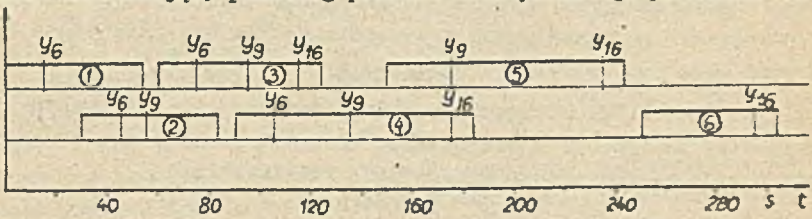
Tablica 1a

O_i	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6	O_7	O_8	O_9	O_{10}	O_{11}	O_{12}	O_{13}	O_{14}	O_{15}
τ	3	4	3	2	3	4	3	3	4	5	3	8	4	2	3

Z przeprowadzonego eksperymentu wynika, że dla wykonania zadanej serii wyrobów niezbędnych jest sześć przejazdów wózków, czas ukończenia produkcji wynosi 304 jednostki, a maksymalna liczba wózków jednocześnie przebywających w systemie nie przekracza dwóch. Średni czas pobytu wózków w systemie S, określony poniższą zależnością, wynosi 68,7 jednostek

$$S = \frac{\text{suma czasów przejazdu trasy przez poszczególne wózki}}{\text{liczba wózków przejażdżających trasę}}$$

Diagram Gantta ilustrujący przebieg procesu transportowego przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Diagram Gantta dla Wariantu 1. ① - numer kolejnego wózka, ty_i - termin przybycia wózka do punktu załadunku/rozładunku w strefie Y_i.
Fig. 2. Gantt's chart for the variant 1.

Odpowiedni harmonogram pracy systemu przedstawia tablica 1b.

Tablica 1 b

i	1	2	3	4	5	6
t_i	0	30	60	90	150	250
t_{Y_6}	15	45	75	105	175	
t_{Y_9}		55	95	135	175	
$t_{Y_{16}}$			115	175	235	295

gdzie:

i - numer kolejnego wózka,

t_i - termin wprowadzenia i-ego wózka do systemu,

t_{Y_i} - termin obsługi punktu załadunku/rozładunku znajdującego się w sektorze Y_i.

Wariant 2.

Dla obsługi punktów załadunku/rozładunku związanych z sektorami Y_6, Y_9 przyjęto marszrutę

$MT_1 = (O_1,Y_1),(O_2,Y_2),(O_3,Y_3),(O_4,Y_4),(O_5,Y_5),(O_6,Y_6),(O_7,Y_7),(O_8,Y_8),$
$(O_9,Y_9),(O_{10},Y_{10}),(O_{11},Y_{11}),(O_{12},Y_{15}),(O_{13},Y_{16}),(O_{14},Y_{17}),(O_{15},Y_1),$

a dla obsługi punktu związanego z sektorem Y_{16} przyjęto marszrutę

$MT_2 = (O_{16},Y_1),(O_{17},Y_{13}),(O_{18},Y_{12}),(O_{19},Y_{11}),(O_{20},Y_{15}),(O_{21},Y_{16}),$
$(O_{22},Y_{17}),(O_{23},Y_1).$

Czasy pobytu wózków w poszczególnych sektorach marszrut zadane są w tablicy 2 a.

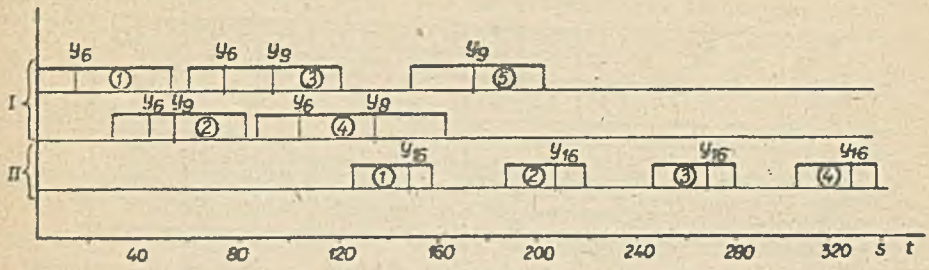
Tablica 2 a.

O_i	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6	O_7	O_8	O_9	O_{10}	O_{11}	O_{12}	O_{13}	O_{14}	O_{15}	O_{16}
τ	3	4	3	2	3	4	3	3	4	5	3	8	4	2	3	3

O_i	O_{17}	O_{18}	O_{19}	O_{20}	O_{21}	O_{22}	O_{23}
τ	2	7	3	8	4	2	3

Wyniki symulacji wskazują na konieczność wykonania 9 przejazdów wózków, z czego 5 dotyczy przejazdów wzdłuż marszruty MT_1, a 4 wzdłuż marszruty MT_2. Czas ukończenia procesu produkcyjnego wynosi 340 jednostek, a liczba jednocześnie przebywających w systemie wózków nie przekracza trzech. Średni czas pobytu wózka w systemie wynosi 49,3.

Diagram Gantta ilustrujący przebieg procesów transportowych przedstawiony został na rys. 3, a zestawienie terminów obsługi poszczególnych punktów załadunku/rozładunku przedstawia tablica 2 b.



Rys. 3. Diagram Gantta dla Wariantu 2. ① - numer kolejnego wózka, t_{Y_i} - termin przybycia wózka do punktu załadunku/rozładunku w strefie Y_i, I (II) - harmonogram pracy wózków z marszruty MT_1 (MT_2).
Fig. 3. Gantt's chart for the variant 2.

Tablica 2 b.

i	1	2	3	4	5
t_i	0	30	60	88	150
t_i	92	146	212	272	
t_{Y_6}	15	45	75	105	
t_{Y_9}		55	95	135	175
$t_{Y_{16}}$	115	175	235	295	

gdzie:

- i - numer kolejnego wózka,
- t_i - termin wprowadzenia i-ego wózka do marszruty MT_1,
- t_i - termin wprowadzenia i-ego wózka do marszruty MT_2,
- t_{Y_i} - termin obsługi punktu załadunku/ /rozładunku znajdującego się w sektorze Y_i.

Wariant 3.

Do obsługi punktu załadunku/rozładunku związanego z sektorem Y_6 przyjęto marszrutę

$MT_1 = (O_1,Y_1),(O_2,Y_2),(O_3,Y_3),(O_4,Y_4),(O_5,Y_5),(O_6,Y_6),(O_7,Y_7),(O_8,Y_8),$
$(O_9,Y_9),(O_{10},Y_{20}),(O_{11},Y_3),(O_{12},Y_2),(O_{13},Y_1),$

do obsługi punktu w sektorze Y_9 wybrano marszrutę

$MT_2 = (O_{14},Y_1),(O_{15},Y_{17}),(O_{16},Y_{16}),(O_{17},Y_{15}),(O_{18},Y_{11}),(O_{19},Y_{10}),(O_{20},Y_9),$
$(O_{21},Y_8),(O_{22},Y_{19}),(O_{23},Y_{20}),(O_{24},Y_3),(O_{25},Y_2),(O_{26},Y_1),$

a do obsługi punktu w sektorze Y_{16}, marszrutę

$MT_3 = (O_{27},Y_1),(O_{28},Y_{13}),(O_{29},Y_{12}),(O_{30},Y_{11}),(O_{31},Y_{15}),(O_{32},Y_{16}),(O_{33},Y_{17}),$
$(O_{34},Y_1).$

Cykl pracy wózków w każdej z marszrut obejmuje: pobranie półfabrykatu lub częściowo obrobionego detalu z automatycznego magazynu, dostarczenie detalu do zadanego punktu załadunku/rozładunku (na którym dokonywana jest wymiana obrobionego detalu na nowy) oraz dostarczenie obrobionego detalu do magazynu.

Czasy pobytu wózków w sektorach poszczególnych marszrut zestawione zostały w tablicy 3.

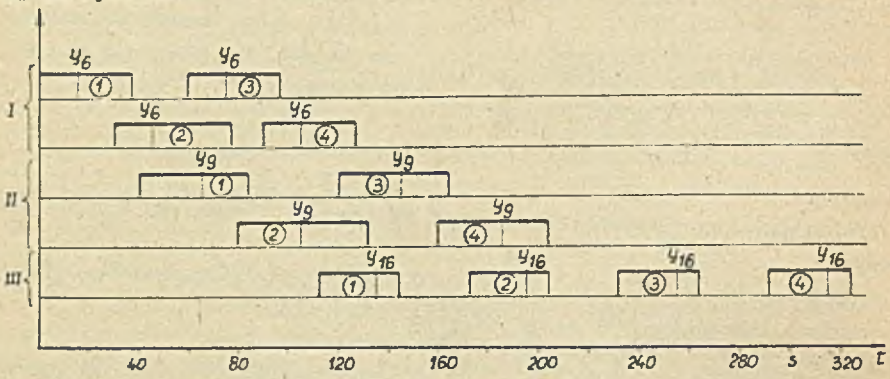
Tablica 3.

O_i	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6	O_7	O_8	O_9	O_{10}	O_{11}	O_{12}	O_{13}	O_{14}	O_{15}	O_{16}
τ	3	4	3	2	3	4	3	3	1	1	3	4	3	3	2	4

O_i	O_{17}	O_{18}	O_{19}	O_{20}	O_{21}	O_{22}	O_{23}	O_{24}	O_{25}	O_{26}	O_{27}	O_{28}	O_{29}	O_{30}	O_{31}	O_{32}
τ	8	3	5	4	3	1	1	3	4	3	3	2	7	3	8	4

O_i	O_{31}	O_{32}
τ	2	3

Wyniki przeprowadzonego eksperymentu wskazują na konieczność odbycia 12 przejazdów wózków, po cztery przejazdy w każdej z marszrut. Czas ukończenia procesu produkcyjnego wynosi 324 jednostki, a maksymalna liczba wózków jednocześnie przebywających w systemie nie przekracza czterech. Średni czas pobytu wózka w systemie wynosi 39.16.
Diagram Gantta ilustrujący przebiegi procesów transportowych przedstawiony został na rys. 4.



Rys. 4. Diagram Gantta dla Wariantu 3. ① - numer kolejnego wózka, t_{Y_i} - termin przybycia wózka do punktu załadunku/rozładunku w strefie Y_i, I, II, III - harmonogramy pracy wózków z marszrut MT_1, MT_2, MT_3.
Fig. 4. Gantt's chart for the variant 3.

Z przeprowadzonych eksperymentów wynika, że optymalną marszrutą z punktu widzenia czasu ukończenia procesu oraz liczby niezbędnych wózków jest marszruta MT_1 z Wariantu 1. Optymalne rozwiązanie z punktu widzenia średniego czasu pobytu wózków w systemie związane jest natomiast ze zbiorem marszrut z Wariantu 3.

Prezentowany system pozwala na prowadzenie badań związanych z oceną wpływu różnych reguł priorytetowania zadań i zasobów na wybrane wskaźniki jakości pracy systemu. Prace, aktualnie prowadzone w tym kierunku, wskazu-

ją na możliwość wykorzystania omawianego systemu do budowy systemu ekspertowego, wspomagającego operatora ESP w zadaniach harmonogramowania procesów transportowych w czasie rzeczywistym.

4. Uwagi końcowe

Przedstawiony system dialogowego planowania procesów transportowych umożliwia projektowanie struktury i harmonogramowanie pracy systemów transportu międzystanowiskowego w ESP. Jego podstawowymi zaletami są: możliwości automatycznej syntezy (na podstawie wprowadzonej specyfikacji procesów transportowych) odpowiednich programów symulacyjnych oraz możliwość analizy procesów transportowych współzawodniczących o dostęp do wspólnych sektorów toru jezdnego systemu. Wymieniona zaleta umożliwia uproszczenie procesu planowania zwalniając operatora z obowiązku każdorazowego programowania odrębnych procedur sterowań dopuszczalnych.

Dalsze wersje prezentowanego systemu (wykorzystywanego w Laboratorium Robotyki Instytutu Cybernetyki Technicznej PWr.) przewidują uwzględnienie losowych parametrów modelowanych systemów transportowych.

LITERATURA

[1] Askin R.G., Subramamanyam S.: Decision support algorithms for production planning, scheduling and control, Advanced systems for manufacturing (Proc. of 12th Conf. on Production Research and Technology, May 14-17 Madinson), Society of Manufacturing Engineers, 1985, pp. 71-74.

[2] Banaszak Z.: Perspectives of automatic real-time program synthesis, Real-Time Programming'86, J. Szlanko (Ed.), Pergamon Press, Frankfurt, 1986, pp. 19-26.

[3] Banaszak Z.: Automatic design of adaptive control algorithms, Prepr. of the 10th IFAC World Congress on Automatic Control, July 27-31, Munich, 1987, Vol. 7, pp. 289-294.

[4] Banaszak Z., Hasegawa K., Takahahashi K.: An application of Petri nets to the design of adaptive control programs, Proc. of the 4th Int. Conf. on Reliability and Exploitation of Computer Systems, Oct. 13-16 Książ Castle, 1987, Vol. 1, pp. 23-33.

[5] Banaszak Z., Abdul-Hussin M.H.: Petri net approach to automatic real-time program synthesis, Petri Net Newsletter 1987, No. 27, pp. 10-27.

[6] Chang T.Ch., Wysk R.A.: An introduction to automated process planning systems, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1985.

[7] Ferretti M.: De la CAO vers la FAO, Le Nouvel Automatisme, 1984, No. 3, pp. 24-29.

[8] Kaczmarczyk A., Banaszak Z.: Fabryka przyszłości, Podstawowe Problemy Współczesnej Techniki, Tom XXV, PWN Warszawa 1987, s. 293-326.

[9] Peterson J.L.: Petri net theory and the modelling of systems, Prentice-Hall, New York 1981.

[10] Reisig W.: Petri nets, Springer-Verlag, Berlin, 1982.

[11] SAME/AGVS presentation pack (Renaut Automation) Software Marketing Department, IFS (Publications) Ltd., Kempston, 1986.

[12] Subramanyam S., Askin R.G.: An expert systems approach to scheduling in flexible manufacturing systems, Flexible manufacturing Systems: Metods and Studies, A. Kusiak (Ed.), North-Holland, Elsevier Sc.Publ., Amsterdam, 1986, pp. 243-256.

[13] Turban E.: Expert systems - another frontier for industrial engineering, Comp. and Industr. Engng, 1986, Vol. 10, No. 3, pp. 227-235.

Recenzent: Prof.dr inż. H. Kowalowski

Wpłynęło do Redakcji do 1988-04-30.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСПИСАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОДСИСТЕМ ГПС

Р е з ю м е

В статье представляется система автоматизированного планирования процессов межстаночного транспорта в ГПС. Система основана на некотором методе автоматического синтеза алгоритмов управления взаимодействующими параллельно протекающими процессами. Получаемые алгоритмы обеспечивают реализацию альтернативных допускаемых вариантов протекания управляемых транспортных процессов. Разработанная система используется в режиме диалога с оператором и обеспечивает расчёт расписаний транспортной системы, проведение оценок коэффициентов использования компонентов системы а также анализ поведения транспортной системы в обстановках, вызываемых сбоями элементов системы.

COMPUTER-AIDED SCHEDULING OF THE AUTOMATED GUIDED VEHICLE SYSTEM

S u m m a r y

In this paper the design and operation of the computer-aided processes and production planning system for FMS automated guided vehicle system (AGV) is presented. The system operation considered, AGV implements a method of automatic synthesis of admissible control flows of concurrent, pipeline-like flowing processes. The provided control flow models, encompasse only the admissible realizations of the modelled processes. The menu-driven mode of the system utilization allows for AGV scheduling and AGV's components utilization rate evaluation as well as for analyse of AGV functioning in the case when the components breakdowns occur.