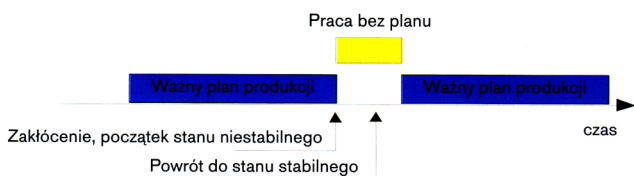


# Systemy holonowe – produkcja bez kłopotów?

Radosław Cechowicz

**P**roces planowania produkcji można łatwo zautomatyzować stosując jeden z dostępnych na rynku specjalizowanych systemów informatycznych. Można też zintegrować cały proces zarządzania produkcją instalując oprogramowanie typu MRP czy ERP. Wtedy ułożenie planu produkcji zostanie sprowadzone do kilku operacji na monitorze zakładowego komputera. Co więcej, otrzymany plan będzie uwzględniał wiele czynników, które nigdy nie byłyby wzięte pod uwagę gdyby planowanie było przeprowadzane ręcznie.

Pomimo takich ułatwień do nadzoru nad wykonaniem planu angażowani są ludzie, którzy dobrze znają proces produkcji i mają duże doświadczenie. Często taka osoba jest uważana za jedną z najważniejszych w fabryce. Można sobie zadać pytanie, dlaczego tak się dzieje, czy skomputeryzowane planowanie i dyscyplina pracy nie wystarczą do zapewnienia niezakłóconego przebiegu produkcji? Czy do pełnienia funkcji nadzoru muszą być zatrudniani specjaliści, których wiedzę można by wykorzystać gdzie indziej? Praktyka wskazuje, że jest to konieczne, a przyczyn takiego stanu rzeczy należy szukać już na etapie projektowania wyrobu. Realizacja planu produkcji przebiega bez problemów, gdy wszystkie elementy systemu wytwórczego pracują dokładnie tak, jak to zaplanowano. Skutki niewielkich nawet zakłóceń (na przykład w postaci opóźnień) w jednym z elementów mogą rozprzestrzeniać się na cały system i prowadzić do opóźnienia realizacji wielu zamówień [2]. Prawdopodobieństwo takiego zdarzenia wzrasta wraz z liczbą maszyn w systemie i liczbą zamówień, które są równocześnie realizowane. Sterowanie procesami, tak aby przewidzieć, uniknąć lub zminimalizować skutki ewentualnych zakłóceń wymaga dużego doświadczenia i umiejętności analizy stanu systemu.



Rys. 1. Praca bez ważnego planu produkcji trwa zwykle dłużej niż trwa zakłócenie

W praktyce, pojawienie się dowolnego opóźnienia w systemie może spowodować, że plan produkcji zostanie unieważniony. Oznacza to, że do czasu ułożenia nowego planu system wytwarzania jest sterowany „ręcz-

nie” przez nadzorcę (rys. 1). Nie są wtedy znane terminy zakończenia procesów, ich faktyczne koszty oraz termin usunięcia skutków zakłócenia. Konieczność doprowadzenia systemu wytwarzania do stanu stabilnego po zakłóceniu jest warunkiem koniecznym do ułożenia nowego planu produkcji. Istnieje więc niebezpieczeństwo, że w złożonych systemach wytwórczych, gdzie stan stabilny może być nieosiągalny, w ogóle nie uda się ułożyć ważnego planu produkcji. Z punktu widzenia działu obsługi klienta taki system będzie nieprzewidywalny, z punktu widzenia planisty będzie on niesterowalny. Osoba odpowiedzialna za nadzór nad przebiegiem produkcji będzie faktycznie zajmowała się sterowaniem. Poprawę tej sytuacji może przynieść tylko strukturalna zmiana w sposobie sterowania.

Trudności z ułożeniem ważnego planu produkcji i jego realizacją wynikają z faktu, że nie jest on elastyczny. W czasie planowania nie sposób przewidzieć gdzie i kiedy w systemie wystąpi zakłócenie. Trzeba więc przyjąć założenie, że stan systemu będzie stabilny przez cały czas realizacji planu.

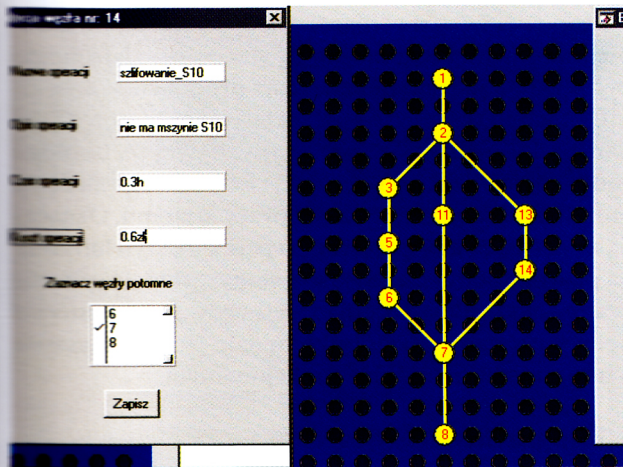
Proces realizacji planu statycznego przebiega podobnie jak podróż tramwajem, który porusza się po ściśle określonej trasie. Pojawienie się przeszkody powoduje konieczność zatrzymania całego składu aż do usunięcia przeszkody. Podróżując po tej samej trasie trolejbusem, mamy dużo większe szanse na pokonanie jej bez przestojów, ponieważ konstrukcja trolejbusu pozwala na omijanie niewielkich przeszkód. Zamiana trolejbusu na autobus, zatem pozbycie się ograniczenia w postaci maksymalnej odległości od linii zasilającej, pozwala na bardziej swobodny wybór trasy i uniezależnienie się od przeszkód na drodze.

Aby zwiększyć prawdopodobieństwo realizacji planu produkcji można podjąć następujące działania:

- rozbić proces planowania na etapy,
- opracować plany alternatywne i realizować je, gdy realizacja planu podstawowego nie jest możliwa.

Rozkład jazdy autobusu napisany według tych zasad zawierałby tylko listę miejsc, w których autobus powinien się zatrzymać oraz przewidywane czasy przejazdu między następującymi po sobie przystankami. Załącznikiem do rozkładu byłaby mapa z siecią dróg obszaru, w którym znajduje się trasa autobusu. Wybór konkretnej trasy przejazdu między przystankami należałby do kierowcy. Takie rozwiązanie gwarantuje, że jeżeli istnieje droga, po której można dojechać do kolejnego przystanku, to autobus tam dojedzie. Kierowca, mając możliwość wyboru trasy, będzie w stanie zareagować na napotkane przeszkody bez konieczności angażowania dyspozytora. Zorganizowanie systemu komunika-

*Dr inż. Radosław Cechowicz jest pracownikiem Katedry Automatyki Politechniki Lubelskiej.*



Rys. 2. Plan technologii ze ścieżkami alternatywnymi, po prawej okno edycji opisu i właściwości węzła

między kierowcami autobusów pozwoliłoby każdemu uniknąć dróg, na których są przeszkody. Zorganizowany w ten sposób system redukuje rolę nadzorca do minimum. Interwencja nadzoru jest potrzebna tylko, gdy kierowca nie ma możliwości dojechania do następnego przystanku. Wprowadzenie takiego systemu nie jest niebezpieczeństwem, że pasażerowie nie będą wiedzieli, kiedy ich autobus dotrze do konkretnego przystanku. Oczekujący na przystankach z kolei nie będą pewni, o której godzinie ich autobus przyjedzie. W takim systemie możliwe jest również, że autobusy będą pojawiały się na przystankach w innej kolejności niż zaplanowana. Niewątpliwą zaletą opisywanego systemu planowania jest to, że plan nigdy nie traci ważności. Gdy pojawia się trwała przeszkoda na drodze, korekcja planu będzie ograniczała się do czasu przejazdu między przystankami, do których ta droga prowadziła.

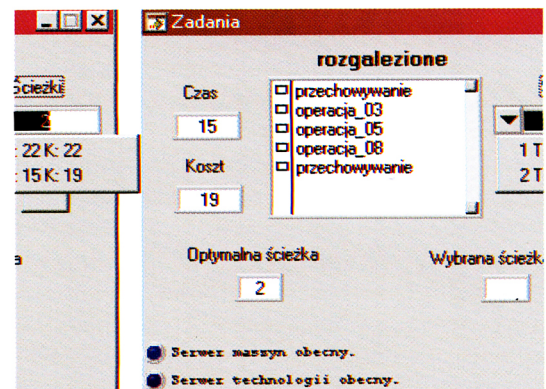
W przypadku braku zakłóceń, gdy wszystkie drogi są przejezdne i prędkość ruchu jest taka jaką założono w planie, wszystkie autobusy będą dojeżdżały do przystanków zgodnie z planem. Praca systemu niczym nie będzie się różniła od pracy systemu, w którym kierowcy mają sztywno wyznaczone trasy i godziny przejazdu. Różnice w pracy obu systemów pojawią się wówczas, gdy na którejś z dróg nie uda się zrealizować planu.

Przedstawiony przykład można łatwo przenieść na planowanie w systemie wytwórczym. Zbiór dróg stanie się wówczas zbiorem maszyn, na których można wykonać pewne operacje, przejazd od przystanku do przystanku będzie odpowiadał wykonaniu cząstkowej operacji technologicznej. Autobus z zadaniem wykonania kursu będzie odpowiednikiem zlecenia.

W systemie wytwarzania działającym według opisanego schematu przyjęcie i wprowadzenie nowych zleceń może odbywać się w dowolnej chwili i nie wymaga wykonania nowego planu produkcji – zlecenie jest dopisywane do istniejącego planu w taki sposób, że staje się kolejnym modulem nie naruszając realizowanego już planu. Aby uniknąć spiętrzeń wielu zadań na jednej maszynie, w systemach tego typu stosuje się opisy technologii w postaci zbioru równoważnych ścieżek (rys. 2). W momencie przyjmowania zlecenia są analizowane uwarunkowania (na przykład przewidy-

wany czas) jego wykonania według każdej z alternatywnych ścieżek, a następnie wybierane jest najlepsze rozwiązanie. Istnienie alternatywnych planów technologicznych pozwala również uniezależnić proces planowania produkcji od bieżącego stanu systemu wytwarzania. Np., jeżeli jedna ze ścieżek nie będzie do zrealizowania z powodu awarii maszyny, to system sterowania ją pominię i zaproponuje tylko rozwiązania, które dadzą się zrealizować. W opisywanym przykładzie z autobusami odpowiada to sytuacji, gdy informacja o zablokowaniu drogi dotrze już do dyspozytora – wtedy będzie on mógł zaplanować następne kursy w taki sposób, aby omijały nieprzejezdny odcinek.

W czasie realizacji planu może się również zdarzyć, że maszyna, na której miało być wykonywane zadanie zostanie wyłączona tuż przed rozpoczęciem jego wykonania. W tradycyjnych systemach planowania oznacza to konieczność opracowania nowego planu. W systemie elastycznym nie ma takiej potrzeby – zadanie zostanie przekierowane na maszynę równorzędną, a zmiana w planie będzie dotyczyć jedynie tego zadania.



Rys. 3. Program zarządzania zadaniami oferuje możliwość wyboru ścieżki technologicznej: pierwsza ścieżka o koszcie wykonania 22 i druga o koszcie wykonania 19

**Podsumowując**, aby można było wprowadzić elastyczny system planowania należy [1]:

- projektować wyroby tak, aby można było je wytwarzać na kilka różnych sposobów (wprowadzić alternatywne ścieżki technologiczne),
- skatalogować zdolności technologiczne maszyn w taki sposób, aby można je było w pełni wykorzystać,
- planować wykonanie operacji technologicznych, a nie zajętości konkretnych maszyn,
- dopuścić ograniczoną autonomię w wyborze maszyny, na której będzie wykonywana kolejna operacja.

Te postulaty są zgodne z filozofią sterowania, zwaną sterowaniem holonowym [4]. Podstawą filozofii systemów holonowych jest założenie, że w każdym systemie złożonym można wyodrębnić podsystemy o pewnej autonomii. Każdy autonomiczny podsystem działa według własnych praw i realizuje własne cele, ale równocześnie jest zależny od systemu znajdującego się wyżej w hierarchii. Przykładem może być społeczność wioski, gdzie każda rodzina dba o własne utrzymanie produkując lub wykonując usługi na rzecz społeczności. Podobnie każdy z członków rodziny podejmuje autonomiczne decyzje, realizując własne cele. Autonomia

każdego z tych elementów nie jest jednak całkowita – na każdym poziomie istnieją ograniczenia, które w ostatecznym rozrachunku pozwalają realizować cele całej społeczności. Tak zbudowane systemy mają zdolność ewoluowania i adaptacji do zmieniających się warunków otoczenia. Największy sukces osiągają te systemy, których organizacja pozwala wykorzystać zarówno siły dużych grup (ustalenie zależności hierarchicznej), jak i potencjał jednostek [3] (autonomia).

Rysunki w artykule pochodzą z konstruowanego pilotowego systemu sterowania przepływem produkcji opartego na filozofii holonów. System składa się z trzech serwerów, razem pokrywających cały zakres funkcjonalny systemu wytwarzania. Każdy serwer, nazywany holonem, jest odpowiedzialny za inny aspekt produkcji i tak:

- holon zasobów – przechowuje informacje o zdolnościach technologicznych maszyn i środków transportu działających w obrębie systemu oraz zarządza procesami na maszynach czyli uruchamia wykonanie operacji na maszynach (rys. 4),
- holon technologii – przechowuje informacje o sposobie wytwarzania wyrobów,
- holon zadań – zarządza zleceniami w systemie, czyli wprowadza nowe zlecenia do systemu, monitoruje stan zleceń realizowanych).

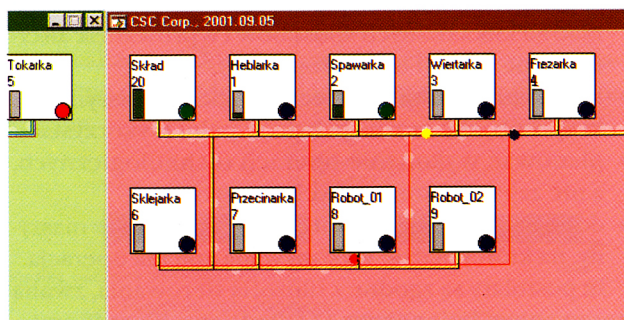
System łączy funkcje obsługi zleceń, planowania produkcji i nadzoru nad wykonaniem planu, zapewniając zintegrowane środowisko pracy dla inżyniera produkcji. Dzięki integracji funkcji monitoringu zasobów (maszyn i urządzeń) nadzór nad produkcją w opracowywanym systemie przebiega w sposób zautomatyzowany, niewymagający interwencji obsługi. System ma zdolność automatycznego wyboru maszyny, na której będzie realizowane zlecenie oraz przekierowania zadań zaszeregowanych do wykonania na maszynie, która uległa awarii. Operator systemu jest informowany jedynie o zdarzeniach, które mogą spowodować zatrzymanie realizacji jednego lub większej liczby zleceń. W chwili

systemu ma więc możliwość zdecydowania już na etapie rozmowy z klientem, kiedy zlecenie będzie mogło być wykonane i jaki będzie koszt produkcji.

Opracowywany system jest elastyczny. Zarówno dodanie jak i ujęcie nowej maszyny, nowej technologii (nowej ścieżki technologicznej) jak i nowego zlecenia może być dokonane w czasie pracy systemu. Oznacza to, że nawet całkowita wymiana parku maszyn lub zmiana profilu produkcji nie jest w stanie zakłócić systemu pracy – wszystkie zlecenia zarejestrowane w systemie będą wykonane, jeżeli tylko będzie istniała maszyna o odpowiednim zakresie funkcjonalnym.

## Bibliografia

1. Bogucki M., Cechowicz R., Płaska S.: Stączek P., Holonowy system szeregowania zadań w wielomaszynowym środowisku wytwarzania. Projekt badawczy KBN nr 7T07D01018, 1999.
2. Cechowicz R.: Komputerowy system szeregowania zadań w wielomaszynowym środowisku wytwarzania. Praca doktorska, Politechnika Lubelska, Lublin 1998.
3. Imura J.: Unskilled Worker-Oriented Manufacturing, Human Intelligence-Based Manufacturing. Advanced Manufacturing Series. Springer Verlag, 1993.
4. Wyns J.: Reference Architecture for Holonic Manufacturing Systems. Praca doktorska, Katholieke Universiteit Leuven, Heverlee (Leuven), Belgia 1999.



Rys. 4. Holon zasobów – model logiczny zasobów prostego systemu wytwórczego zawierającego magazyn, maszyny i urządzenia transportowe

wprowadzania zlecenia system dokonuje analizy stanu zasobów i przedstawia ją operatorowi w postaci listy możliwych do zrealizowania ścieżek technologicznych. Dla każdej ze ścieżek oceniane są również podstawowe parametry takie jak: czas obróbki, koszt wykonania i przewidywany najkrótszy termin wykonania obliczony na podstawie symulacji pracy systemu. Operator

**Systemy holonowe — produkcja bez kłopotów?** Radosław Cechowicz — s. 24

Przedyskutowano możliwości szeregowania zadań z zastosowaniem systemu holonowego. Podejście holonowe oferuje nowe, interesujące możliwości takie jak uwzględnienie alternatywnych ścieżek wykonania oraz elastyczny przydział zasobów wytwórczych. Szeregowanie za pomocą systemu holonowego zostało przedstawione na zasadzie porównania do sposobu w jaki kierowca autobusu wybiera trasę. Przedstawiono przykład implementacji holonowego systemu szeregowania zadań.

**Holonic Scheduling — Easy Solution to a Difficult Problem?** Radosław Cechowicz — p. 24

The possibilities of job scheduling using a holonic system were discussed in this paper. The holonic approach to scheduling offers interesting new possibilities such as incorporation of alternative processing paths and flexible assignment of machines. Scheduling by means of holonic system can be compared to the way in which a bus driver chooses the route to his destination when he is not limited by a strict journey plan. The screen shots from the test holonic scheduling application were also presented in the paper.