ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1984
Seria: AUTOMATYKA z. 76 Nr kol. 812

Wiesław Pierzchała
Politechnika Krakowska

# KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE PROJEKTOWANIA HARMONOGRAMÓW PRODUKCYJNYCH PRZY USTALONYCH TERMINACH WYKONANIA WYROBÓW

Streszczenie. Problem optymalizacji harmonogramów produkcyjnych przy ustalonych terminach wykonania wyrobów można rozwiązać metodą syntezy pewnej sieci. W prezentowanym podejściu rozwiązanie suboptymalne znajdowane jest za pomocą wieloetapowej procedury heurystycznej. Komputerowa wersja algorytmu umożliwia oddziaływanie projektanta na przebieg obliczeń korygujących, w przypadku wyniku niezadowalającego.

## 1. Wprowadzenie.

Harmonogramowanie procesów produkcyjnych stanowi jeden z podstawowych problemów optymalizacyjnych w zakresie organizacji i sterowania systemów przemysłowych. Naturalną konsekwencją optymalizacji harmonogramów jest poprawa efektywności systemów produkcyjnych. Poważne trudności obliczeniowe skłaniają jednakże do przyjmowania rozmaitych założeń upraszczających, które w konsekwencji w znacznym stopniu ograniczają praktyczny aspekt uzyskiwanych wyników. Dlatego też poziom ogólności modeli, na których bazują znane metody poszukiwania rozwiązań problemu harmonogramowania, jest najczęściej niewystarczający dla potrzeb praktyki produkcyjnej. Harmonogramy powstają w komórkach planowania zakładowego i są wykonywane przez planistę, który będzie tutaj umownie nazywany projektantem procesu produkcyjnego. Od decyzji podjętych przez projektanta na etapie planowania w dużej mierze zależą zarówno jakościowe, jak i ekonomiczne efekty funkcjonowania systemu. Występujące tutaj problemy wymagają stosowania odpowiednich metod matematycznych. Można się zatem spodziewać, że komputerowe wspomaganie procesu decyzyjnego, o którym mowa, powinno z jednej strony ułatwić zadanie projektanta, a z drugiej, doprowadzić do istotnych korzyści ekonomicznych i wzrostu ogólnej sprawności systemu.
W literaturze dotyczącej problemów harmonogramowania rozpatruje się coraz bardziej złożone i zarazem bliższe realnym warunkom produkcyjnym, procesy dyskretne. Z najnowszych pozycji, w których rozwiązano zagadnienia kolejnościowe o wysokim poziomie ogólności, można wymienić prace [2], [3], [5].
Opublikowane metody i algorytmy wciąż nie w pełni zaspokajają oczekiwania projektanta procesu produkcyjnego, co najmniej z czterech przyczyn.

1. Otrzymuje się rozwiązanie optymalne z punktu widzenia jednego, wybranego kryterium. Tymczasem jednokryterialna ocena efektywności procesów w złożonych systemach wytwarzania jest z reguły niewystarczająca.
2. Często się zdarza, że trudno jest spełnić wszystkie warunki niezbędne do realizacji procesu produkcyjnego, określonego przez rozwiązanie optymalne /jak wiadomo, zazwyczaj niełatwe do znalezienia/. Wynika to z rozmaitych zakłóceń, jakie mogą w praktyce wystąpić /awarie stanowisk, absencje pracowników, braki produkcyjne, rozrzuty czasów trwania poszczególnych czynności, pojawianie się nowych, pilnych zleceń itp./. W oparciu o doświadczenie można zatem przewidzieć trudności w realizacji takiego procesu.
3. Oceniając rozwiązanie, dysponujący odpowiednim doświadczeniem projektant może uwzględnić wiele czynników, także tych, które nie były reprezentowane w przyjętym do obliczeń modelu matematycznym. Może się zatem zdarzyć, że rozwiązanie to nie zostanie przez niego zaakceptowane. Tymczasem projektant nie ma wpływu na przebieg obliczeń, toteż nie może ich powtarzać i ingerując w algorytm /np. poprzez zmiany wartości niektórych parametrów w zbiorze danych/ dojść do wyniku satysfakcjonującego.
4. Nie wszystkie dane wymagane przez programy dostępne są wprost z dokumentacji warsztatowej i wymagają uprzedniego przygotowania, a otrzymane wyniki należy odpowiednio zinterpretować i dostosować do rzeczywistych warunków.

W niniejszej pracy przedstawiono propozycję takiego podejścia do komputerowego wspomagania prac związanych z projektowaniem harmonogramów w warunkach typowych dla przemysłu maszynowego, które w pewnym stopniu może zaspokoić potrzeby i oczekiwania projektanta procesów produkcyjnych w tym zakresie.

## 2. Charakterystyka przyjętego modelu matematycznego.

Spośród najważniejszych cech charakterystycznych dla typowego procesu produkcyjnego w przemyśle maszynowym, należy wymienić:

- wykonywanie serii wyrobów;
- niejednoczesne udostępnienie poszczególnych stanowisk w systemie;
- niejednoczesne wchodzenie do produkcji poszczególnych zleceń;
- występowanie ograniczeń co do terminów wykonania wyrobów;
- występowanie wymagań co do kolejności wykonywania wyrobów;
- konieczność przezbrajania stanowisk pomiędzy kolejno wykonywanymi operacjami;
- występowanie przerw międzyoperacyjnych pomiędzy kolejnymi operacjami

z ciągu technologicznego, przeznaczonych na transport międzystanowiskowy, kontrolę techniczną itp.;
- możliwość wykonania niektórych operacji na kilku /niekoniecznie tego samego typu i wydajności/ stanowiskach, wchodzących w skład zasobów systemu.

Uwzględnienie w modelu matematycznym wszystkich wymienionych cech wiąże się z koniecznością rozwiązania zagadnienia, które zgodnie z przyjętą w literaturze klasyfikacją problemów szeregowania, można zapisać jako zagadnienie klasy $n|m|J,\prec,r_i \geqslant 0$,przezbrajać,czekać$|Q$.

Bardzo istotną sprawą jest dobór kryteriów jakościowej oceny rozwiązań zadania. Proponuje się dwa kryteria. Pierwsze z nich /$Q_1$/ będzie oparte na pożądanych terminach wykonania wyrobów i umożliwi ocenę terminowości realizacji zadania produkcyjnego. Niech $L_{ij}$ oznacza odchylenie od pożądanego terminu wykonania j-tej partii i-tego typu wyrobów. Wartość $L_{ij} > 0$ odpowiada występowaniu opóźnienia, natomiast $L_{ij} < 0$, wyprzedzenia w stosunku do tego terminu.Partii tej zostanie ponadto przyporządkowana funkcja kary $f_{ij}$, o wartościach określonych w sposób następujący:

$$f_{ij}(L_{ij}) = \begin{cases} K^E_{ij}, \text{ dla } L_{ij} < E^{dop}_{ij}; \\ 0\ , \text{ dla } E^{dop}_{ij} \leqslant L_{ij} \leqslant T^{dop}_{ij}; \\ K^T_{ij}, \text{ dla } L_{ij} > T^{dop}_{ij}; \end{cases} \qquad /1/$$

co oznacza, że wyprzedzenie większe niż $E^{dop}_{ij}$ pociąga za sobą karę w wysokości $K^E_{ij}$ , opóźnienie przewyższające $T^{dop}_{ij}$ , karę w wysokości $K^T_{ij}$, natomiast odchylenie terminu wykonania mieszczące się we wskazanym przedziale traktowane jest jako dopuszczalne. Suma wszystkich kar postaci /1/ stanowi wartość kryterium $Q_1$ odpowiadającą danemu rozwiązaniu. Zdaniem autora, przyjęta postać funkcji $f_{ij}$ w wystarczającym stopniu reprezentuje praktyczne potrzeby, a ponadto daje pewne możliwości oddziaływania na wynik optymalizacji.

Drugie z rozpatrywanych kryteriów /$Q_2$/ jest związane z niepożądanymi przestojami stanowisk. Niech $\tau_l$ oznacza przestój stanowiska o numerze l pomiędzy dwiema, kolejno wykonywanymi na nim operacjami, natomiast $g_l$ przyporządkowaną mu funkcję kary o wartościach określonych wzorem:

$$g_l(\tau_l) = \begin{cases} 0\ , \text{ dla } \tau_l \leqslant V^r_l\ ; \\ K^r_l(\tau_l - V^r_l), \text{ dla } V^r_l < \tau_l < V^s_l\ ; \\ 0\ , \text{ dla } \tau_l \geqslant V^s_l\ ; \end{cases} \qquad /2/$$

co oznacza, że przestój tego stanowiska w czasie $\tau_l$ nie dłuższym od $V^r_l$ lub nie krótszym od $V^s_l$ nie powoduje ujemnych skutków, natomiast przestój mieszczący się w przedziale czasu $(V^r_l, V^s_l)$ związany jest z liniowym wzrostem kary. Suma kar postaci /2/ za wszystkie przestoje, wszystkich stano-

wisk, stanowi wartość kryterium $Q_2$ odpowiadającą danemu rozwiązaniu. Przyjęta postać funkcji $g_1$ wynika z następujących przesłanek:

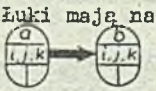
- odpowiednio krótkie przerwy w pracy stanowisk można pominąć, a nawet uznać za korzystne, bo w pewnym sensie stabilizujące proces produkcyjny;
- wystarczająco długie przestoje można wykorzystać na remonty, konserwację urządzeń, przyjęcie zleceń kooperacyjnych itp.;
- godzinowy koszt przestoju stanowiska stosunkowo łatwo można wyznaczyć.

Uznano, że podstawowe znaczenie ma terminowość wytwarzania, co odpowiada minimalizacji wartości kryterium $Q_1$. W przypadku, gdy więcej niż jedno rozwiązanie spełnia ten warunek, o wyborze jednego z nich decyduje wartość kryterium $Q_2$ /także minimalizowanego/.

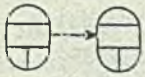
## 3. Heurystyczna metoda poszukiwania rozwiązań podoptymalnych

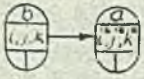
Poszukiwanie rozwiązania rozpatrywanego tutaj problemu można sprowadzić do zadania budowy pewnej sieci. Na rys.1 przedstawiono sieć reprezentującą przykładowy przebieg pewnego procesu produkcyjnego. Sieć ta będzie nazywana siecią zależności czasowych. Łuki reprezentują czynności, a wierzchołki zdarzenia rozpoczynania i kończenia każdej z nich. Każdy z wierzchołków / z wyjątkiem wierzchołka $s_0$/ opisany jest przez trójkę indeksów /i,j,k/, przy czym i oznacza numer wyrobu /przedmiotu/, j numer partii transportowej w produkowanej serii wyrobów o numerze i, natomiast k numer operacji technologicznej wykonywanej na tej partii. Wierzchołki z indeksem i=0 odpowiadają zdarzeniom udostępnienia poszczególnych stanowisk /w przykładzie występują dwa stanowiska/. Indeks k=0 opisuje zdarzenia wchodzenia do produkcji poszczególnych partii wyrobów, po wykonaniu wszystkich czynności przygotowawczych.

Łuki mają następującą interpretację:

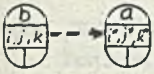


– łuk operacyjny, reprezentujący operację /i,j,k/, z przyporządkowanym czasem jej trwania;


– łuk pomocniczy, reprezentujący czynność wykonywaną przed udostępnieniem stanowiska, lub poza rozpatrywanym systemem, z przyporządkowanym czasem jej trwania; łuki te umożliwiają modelowanie niejednoczesnej dostępności stanowisk oraz czynności przygotowawczych i dodatkowych czynności zakończeniowych dla każdej partii; wymienione czynności nie podlegają szeregowaniu;



– łuk technologiczny, określający technologiczny porządek wykonywania operacji, z przyporządkowanym czasem wymaganej przerwy międzyoperacyjnej;



– łuk przezbrojeń, określający kolejność wykonywania dwóch operacji przydzielonych do tego samego stanowiska, z przyporządkowanym czasem przezbrojenia.

Przeliczając sieć można wyznaczyć najwcześniejsze możliwe terminy zdarzeń, a w konsekwencji otrzymać wszystkie wielkości niezbędne do obliczenia wartości kryteriów $Q_1$ i $Q_2$. Każde zdarzenie zakończenia wykonywania wyrobu finalnego ma przyporządkowany termin żądany /liczby przy wierzchołkach końcowych/. Podobnie jak w innych metodach sieciowych można więc dokonać przeliczenia wstecz, wyznaczając najpóźniejsze dopuszczalne terminy zdarzeń. Dla zdarzeń końcowych przyjmuje się, że obowiązuje zasada nie zwiększania opóźnienia oraz likwidowania wyprzedzenia w stosunku do terminu pożądanego.

Graf częściowy, otrzymany po odrzuceniu łuków przezbrojeń /- - - →/, jest modelem zadania produkcyjnego i wynika z danych odnośnie do założonego przebiegu procesu technologicznego. Rozpatrywany tutaj problem sprowadza się zatem do zadania konstrukcji optymalnej /lub podoptymalnej/ sieci, spełniającej warunki dokładniej sformułowane w pracy[4]. Sieć ta w sposób jednoznaczny określa optymalny wariant przydziału operacji do stanowisk i kolejność ich wykonywania na poszczególnych stanowiskach. Zadanie rozwiązano za pomocą wieloetapowej procedury heurystycznej, budującej podoptymalną sieć zależności czasowych. Jej opis zostanie ograniczony do tych elementów, które wnoszą możliwość wpływania przez projektanta na przebieg obliczeń i otrzymywane wyniki.

Postępowanie jest ukierunkowane i przebiega od wierzchołka początkowego $a_0$ w stronę wierzchołków końcowych. W każdym kroku decyzyjnym, których liczba jest równa liczbie łuków operacyjnych, rozbudowywany graf uzupełniany jest jednym, heurystycznie wybranym łukiem przezbrojeń, łączącym dwa wybrane łuki operacyjne. Istotną rolę w wyborze wstawianego łuku przezbrojeń odgrywa pewien wskaźnik priorytetu, wyznaczany dla każdego łuku operacyjnego kandydującego do podłączenia na danym etapie obliczeń. Jego wartość dla kandydata /i,j,k/ zależy od następujących wielkości:

$\varphi_{ij}$ – współczynnik odzwierciedlający w pewnym stopniu konsekwencje opóźnienia wykonania partii /i,j/ przekraczającego wielkość $T_{ij}^{dop}$, zdefiniowany wzorem

$$\varphi_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{w przypadku, gdy } K_{ij}^{T}=M \text{ /M-bardzo duża liczba/, co oznacza, że opóźnienie partii /i,j/ większe od } T_{ij}^{dop} \text{ jest niedopuszczalne;} \\ \dfrac{K_{ij}^{T}}{C}, & \text{w pozostałych przypadkach, przy czym C jest sumą kar } K_{ij}^{T} \text{ dla wszystkich pozostałych partii;} \end{cases}$$

$r_{max}$ - maksymalna rezerwa czasu w stosunku do terminu pożądanego, jaka może wystąpić w rozpatrywanym procesie;

$r_{ij}$ - rezerwa czasu dla wykonania partii /i,j/ oszacowana na danym etapie obliczeń;

$\chi_{ij}$ - składnik zawarty w przedziale<0,1>przyporządkowany partii /i,j/, którego wartość dobiera projektant;

$w_i$ - liczba operacji w procesie technologicznym przedmiotu o numerze i.

Wskaźnik priorytetu dla kandydata /i,j,k/ będzie oznaczony przez $\gamma_{ijk}$ i obliczany według wzoru

$$\gamma_{ijk} = \chi_{ij} + \xi_{ij}\left(1 - \frac{r_{ij}}{r_{max}(w_i - k + 1)}\right). \qquad /3/$$

Łatwo zauważyć, że wskaźnik ten stanowi miarę "pilności" kandydata na danym etapie obliczeń, w których śledzona jest i minimalizowana wartość kryterium $Q_1$. Jeśli w pewnym kroku algorytmu wartości wskaźników priorytetu $\gamma_{ijk}$ nie wskazują na zagrożenie niedotrzymania żądanych terminów zdarzeń końcowych, dokonywane są próby obniżenia wartości kryterium $Q_2$.

## 4. Komputerowa wersja algorytmu - program SEQUP.

Program starano się dostosować do wymagań i potrzeb projektanta procesu produkcyjnego w warunkach typowych dla przemysłu maszynowego. Dlatego też warto wymienić najistotniejsze jego cechy z tego punktu widzenia.

1. Łuki operacyjne w modelu sieciowym odpowiadają całym partiom transportowym, a nie pojedynczym elementom. W danych podawane są natomiast czasy jednostkowe, jako wielkości brane wprost z kart technologicznych. Komputer wyznacza czasy wykonania poprzez mnożenie czasów jednostkowych przez liczebności odpowiednich partii.
2. W danych dotyczących przedmiotów i stanowisk wykorzystuje się oryginalną symbolikę występującą w dokumentacji warsztatowej. W celu łatwego operowania danymi w trakcie obliczeń, program zapewnia automatyczne numerowanie przedmiotów i stanowisk kolejnymi liczbami naturalnymi.
3. Do programu można wprowadzić listę stanowisk, które z jakichkolwiek względów wyłączono z eksploatacji. Ponieważ dane wprowadzane są na kartach perforowanych, unika się w ten sposób konieczności poprawienia całego zestawu. Program sprawdza, które stanowiska zostały wyłączone i nie planuje dla nich obciążenia, mimo że były one umieszczone w wykazie zasobów systemu i uwzględnione w procesach technologicznych.

4. Ponieważ przebieg procesu produkcyjnego jest zazwyczaj zakłócony przez rozmaite, niemożliwe do przewidzenia zjawiska, wprowadza się rodzaj współczynnika ryzyka. Jego wartość jest dobierana przez projektanta na podstawie doświadczeń z przeszłości. Zmusza on niejako algorytm do zaplanowania nieco wcześniejszej realizacji zadania produkcyjnego, zapewniającej rezerwę na nieprzewidziane opóźnienia.
5. Każde stanowisko ma przyporządkowany dopuszczalny wskaźnik obciążenia. Program zapewnia, że obciążenie stanowiska nie przekracza zadanej wartości tego wskaźnika.
6. Z praktycznych wymagań wynika, że proces produkcyjny powinien być zaplanowany w jednostkach kalendarzowych, a więc z uwzględnieniem zmianowości, dni wolnych od pracy itp. Dlatego też program został tak skonstruowany, aby pracował w warunkach, kiedy terminy podawane są w postaci daty i godziny. Ułatwia to zarówno wprowadzanie danych, bo nie trzeba przeliczać interwałów czasu pomiędzy zdarzeniami, jak i interpretację wyników, bo uzyskany rezultat jest bezpośrednio czytelny, w postaci dat poszczególnych zdarzeń.
7. W wynikach podawane są najwcześniejsze możliwe i najpóźniejsze dopuszczalne terminy rozpoczynania i kończenia operacji. Pozwala to z jednej strony zorientować się, kiedy trzeba być przygotowanym na wykonywanie i obsługę każdej operacji, a z drugiej, których terminów nie można opóźnić.
8. Oprócz globalnych wartości funkcji kryterialnych program podaje szereg wielkości ułatwiających ocenę rozwiązania, np.: czas oczekiwania na obróbkę dla każdej partii wyrobów, wielkość opóźnień /jeśli takie występują/, łączny czas przestoju każdego stanowiska, uzyskany wskaźnik obciążenia.

Program napisano w standardowej wersji języka Fortran i uruchomiono na komputerze CYBER 72. Wymaga on następujących danych:
- liczba typów wyrobów /przedmiotów/;
- symbole wyrobów, liczebności poszczególnych partii transportowych;
- termin wchodzenia do produkcji, czas trwania operacji końcowej /np. suszenie po lakierowaniu/, wartość składnika wskaźnika priorytetu $/X_{ij}/$, pożądany termin wykonania, parametry funkcji $f_{ij}$, dla każdej partii transportowej;
- liczba stanowisk;
- symbole stanowisk, terminy ich dostępności w systemie, dopuszczalne wskaźniki obciążenia, parametry funkcji $g_l$;
- lista stanowisk, które uległy awarii;
- współczynnik ryzyka ze względu na trudne do przewidzenia zakłócenia pracy systemu;

- wymagania co do kolejności wykonywania przedmiotów, wraz z czasami przerw /jeśli takie są wymagane/ pomiędzy poprzednikami i następnikami;
- symbole stanowisk, na których można wykonywać kolejne /w sensie porządku technologicznego/ operacje, wraz z jednostkowymi czasami wykonania i czasami uzbrojenia stanowiska;
- czasy przerw międzyoperacyjnych;
- rozkład czasu pracy w rozpatrywanym okresie planistycznym.

Wydruki zawierają między innymi:

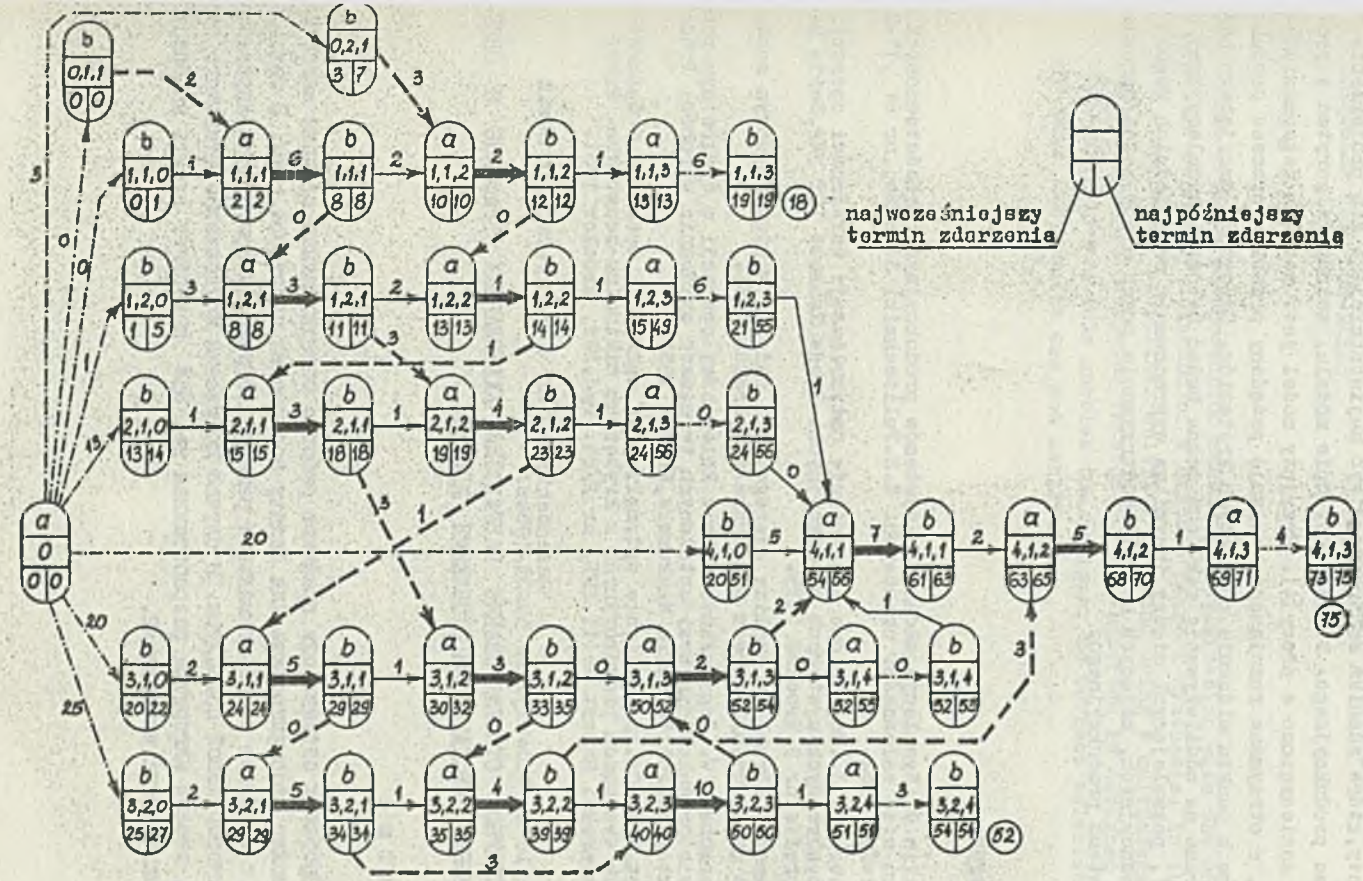
- wydruk danych;
- harmonogram według przedmiotów, gdzie dla każdej operacji podany jest symbol stanowiska, do którego została ona przydzielona, najwcześniejszy możliwy i najpóźniejszy dopuszczalny termin rozpoczęcia i zakończenia;
- harmonogram według stanowisk, zawierający te same informacje tylko inaczej uporządkowane;
- wcześniej wzmiankowane informacje dodatkowe ułatwiające ocenę rozwiązania;
- ewentualne komunikaty diagnostyczne w przypadku błędów w danych.

Jak już wcześniej podkreślano, przygotowując program zakładano, że otrzymywane rozwiązania będą oceniane przez projektanta. W przypadku uzyskania niezadowalającego wyniku może on powtarzać obliczenia, uprzednio korygując wartości niektórych parametrów w zbiorze danych, aż do momentu uzyskania rezultatu satysfakcjonującego. W komputerowym wspomaganiu prac związanych z projektowaniem harmonogramów produkcyjnych ma to istotne znaczenie. Wprowadzane przez projektanta zmiany w danych mogą dotyczyć:

- składników wskaźnika priorytetu /podwyższanie wartości składników $X_{ij}$ w przypadkach występowania opóźnień jest bardzo skuteczne/;
- terminów wchodzenia do produkcji poszczególnych wyrobów, oraz pożądanych terminów ich wykonania;
- dopuszczalnych wskaźników obciążenia stanowisk;
- rozkładu dni wolnych od pracy i rozkładu czasu pracy w poszczególnych dniach roboczych /wprowadzanie godzin nadliczbowych, uruchamianie dodatkowych zmian/;
- parametrów funkcji $f_{ij}$ oraz $g_1$.

## 5. Zakończenie.

W artykule przedstawiono zarys proponowanego podejścia do komputerowego wspomagania projektowania harmonogramów produkcyjnych, eksponując te




Rys.1 Sieć zależności czasowych

elementy,które zdaniem autora mogą być najistotniejsze dla projektanta procesu produkcyjnego. Szczegółowy opis modelu, metody, algorytmu i programu zamieszczono w pracy [4]. Przyjęty model jest modelem deterministycznym, a otrzymane rozwiązanie opisuje pożądany przebieg procesu produkcyjnego z punktu widzenia przyjętych kryteriów. Odporność przyjętego harmonogramu na oddziaływanie zakłóceń można badać metodami symulacyjnymi, np. [1], pozwalającymi między innymi na wypracowanie odpowiednich reguł interwencyjnych, mających na celu podtrzymanie pracy nie w pełni sprawnego systemu produkcyjnego.

LITERATURA

[1] Cyklis J.:Symulacja złożonych systemów produkcyjnych przedstawionych jako sieć zależności czasowych. Z.N.Politechniki Śląskiej,nr 64 ,11-21, Gliwice 1982.

[2] Grabowski J.:Uogólnione zagadnienie optymalizacji kolejności operacji w dyskretnych systemach produkcyjnych. Prace Naukowe ICT PWr,Seria Monografie,nr 9,Wrocław 1979.

[3] Jamroż L.:Problemy analizy szeregowania zadań w wielomaszynowym systemie produkcyjnym. Praca doktorska.AGH,Kraków 1984.

[4] Pierzchała W.:Zagadnienie doboru kolejności operacji w dyskretnym procesie produkcyjnym przy ustalonych terminach wykonania wyrobów. Praca doktorska,Politechnika Krakowska,Kraków 1982.

[5] Smutnicki Cz.:Zagadnienie optymalizacji sekwencji operacji w dyskretnych systemach produkcyjnych z kryterium minimalno-kosztowym. Praca doktorska. Raport Serii PRE, nr 2/81. Wyd.PWr, Wrocław 1981.

Recenzent: Doc.dr hab.inż.Tadeusz Sawik
Wpłynęło do Redakcji do 30.03.1984r.

КОМПЮТЕРНОЕ СТИМУЛИРОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ КАЛЕНДАРНЫХ ГРАФИКОВ С ОПРЕДЕЛЁННЫМИ СРОКАМИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ

Р е з ю м е

Проблему оптимизации графиков работ с определёнными сроками изготовления можно сформулировать как задачу построения некоторой сети. В таком подходе к проблеме , субоптимальное решение получается при помощи эвристической многоэтапной процедуры. В случае получения неудовлетворительного решения , версия алгоритма разработанная на ЭВМ позволяет влиять на процесс корректирующих вычислений.

AN APPROACH TO COMPUTER AIDED OPTIMIZATION OF PRODUCTION SCHEDULES WITH DUE-DATES

S u m m a r y

The problem of production schedules optimization with the due-dates can be solved by a method of a certain network synthesis. In the approach described a suboptimal solution is found using a multistage heuristic procedure. A computer version of the algorithm is designed to use interactively and thus enables the designer to correct calculation in the case the results are not satisfactory.