

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/308614396>

Problemy harmonogramowania produkcji

Article · January 2013

CITATIONS

0

READS

422

1 author:



Łukasz Sobaszek

Lublin University of Technology

28 PUBLICATIONS 51 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



The Method of Creating Robust Schedules using Prediction Tools [View project](#)



Selected Problems of Robotic Workstations Designing [View project](#)

PROBLEMY HARMONOGRAMOWANIA PRODUKCJI

Artykuł zawiera informacje dotyczące procesu harmonogramowania produkcji, problemów występujących w tymże procesie, a także metod służących ich rozwiązywaniu.

Harmonogramowanie, problemy harmonogramowania produkcji.

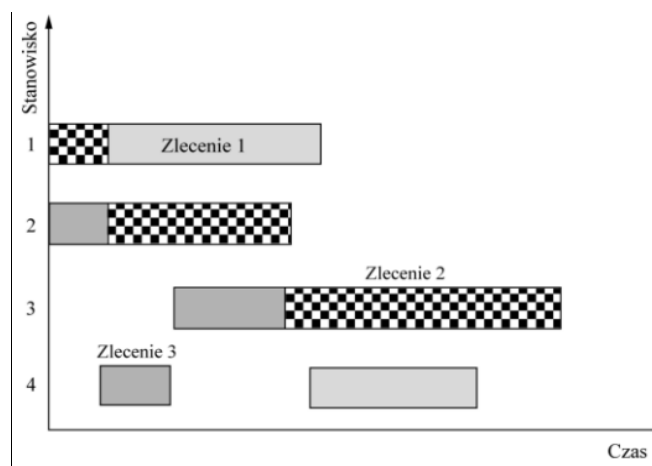
1. Wstęp.

Współczesne przedsiębiorstwa coraz częściej charakteryzuje zmienność i wielowersyjność asortymentu, a także współbieżność wykonywania zadań. Coraz bardziej wzrastające wymagania dotyczące terminowości realizowanych zamówień powodują pojawianie się problemu kompromisu pomiędzy zaspokojeniem oczekiwań klientów a nieprzekroczeniem kosztów wytwarzania. Współczesny rynek jest rynkiem konkurencyjnym, który wywiera presję jak najszybszego wprowadzenia wyboru. Producenci, aby utrzymać bądź pozyskać nowych klientów, muszą również szybko reagować na wszelkie zmiany oraz pojawiające się problemy [2].

Klient zgłaszając się do przedsiębiorstwa oczekuje jasnych odpowiedzi na pytania dotyczące możliwości realizacji zlecenia, jego wielkości oraz najkrótszego czasu realizacji, przy uwzględnieniu pojawiających się ograniczeń. Przedsiębiorstwo, chcąc w pełni zaspokoić potrzeby klienta, musi korzystać z odpowiednich narzędzi. Jednym z nich jest odpowiednie harmonogramowanie produkcji, czyli szeregowanie zadań produkcyjnych. Dobranie odpowiedniej metody harmonogramowania pozwala odpowiedzieć na większość ze stawianych pytań, a ponadto znaleźć najlepszy wariant przeprowadzenia produkcji [2].

2. Harmonogramowanie produkcji.

Pod pojęciem „harmonogramowanie produkcji” (szeregowanie zadań produkcyjnych) rozumie się określenie wielkości partii produkcyjnych oraz sporządzenie szczegółowego harmonogramu wraz z wszystkimi występującymi ograniczeniami. Harmonogram jest to „wykres lub opis poszczególnych operacji (zadań) uwzględniający jednostki terminowania, w których te operacje (zadania) będą wykonywane” [3]. Takie przedstawienie produkcji pozwala na jej dogodną i przejrzystą analizę.



Rys. 1. Przykład harmonogramu w postaci graficznej jako wykres Gantta [3].

Do głównych celów szeregowania zadań produkcyjnych zalicza się:

- dotrzymanie terminów i unikanie opóźnień zakończenia pracy,
- ograniczanie czasu pomiędzy złożeniem zamówienia przez klienta do zakończenia transakcji,
- wykorzystanie zasobów pracy (wykorzystanie w pełni sprzętu oraz personelu).

Należy jednak pamiętać, iż pomiędzy głównymi celami harmonogramowania mogą występować konflikty. Przykładem może być tu sytuacja, gdy nadmiar siły roboczej zmniejsza czas realizacji zadania, a zasoby pracy nie są w pełni wykorzystywane. Konflikt będzie występował także wówczas, gdy ograniczenie miejsc pracy powodować będzie lepsze wykorzystanie posiadanych zasobów, natomiast wydłużeniu ulegnie czas realizacji zadań [6].

3. Problemy związane z szeregowaniem zadań produkcyjnych.

Pomimo korzyści płynących z harmonogramowania produkcji, dużym problem wciąż pozostają problemy szeregowania zadań produkcyjnych. Pojawiające się problemy powodują zmniejszenie efektywności planowania, a także późniejszego przeprowadzania produkcji.

Problemy szeregowania zadań produkcyjnych można podzielić na kilka grup. Ze względu na rodzaj zaistniałego problemu wyróżnia się harmonogramowanie w systemach typu *flow-shop*, *job-shop* oraz *open-shop*. Ze względu na powiązanie systemu z praktyką definiuje się problemy praktyczne oraz teoretyczne. Natomiast ze względu na zmiany zachodzące w systemach wyróżnia się problemy dynamiczne oraz statyczne. Uwzględniając losowość cech systemów, problemy dzieli się na deterministyczne i probabilistyczne [6].

Zagadnieniem dość często poruszonym w literaturze jest problem przepływowy (*flow-shop*), problem gniazdowy (*job-shop*) oraz problem otwarty (*open-shop*) [1]. Dokłada się wciąż wszelkich starań, aby rozwiązywać problemy tej klasy, gdyż należą one do klasy problemów NP-trudnych. Wówczas niemożliwe jest prowadzenie obliczeń ze złożonością obliczeniową wielomianową. Oznacza to bardzo dużą trudność w znalezieniu dokładnego rozwiązania, ograniczając się jedynie do rozwiązań dopuszczalnych [8].

Pierwszy ze wspomnianych powyżej problemów (*flow-shop*) charakteryzuje się wykonywaniem dokładnie jednej operacji na jednej maszynie, ponadto prace wykonywane są w takim samym porządku na każdej z występujących maszyn. Analizując problem przepływowy należy zdefiniować dwa zbiory – zbiór zadań J oraz zbiór maszyn M . Przyjmując, że $l \in M$ i $j \in J$ każdemu elementowi ze zbioru zadań przyporządkowuje się odpowiedni element zbioru maszyn tworząc parę (l,j) . Wykonanie zadania na maszynie będzie nosiło miano operacji. Ponadto przyjmuje się, iż zadania będą wykonywane bez przerwy, a ponadto:

- dana maszyna może wykonywać tylko jedną operację w danej chwili,
- nie można wykonywać więcej niż jednej operacji zadania w danej chwili,
- każda maszyna wykonuje zadania w takiej samej kolejności.

W chwili rozpoczęcia operacji zdefiniowane zostaje dopuszczalne uszeregowanie zadań, przy uwzględnieniu wspomnianych założeń i ograniczeń. Problem polega wówczas na znalezieniu uszeregowania będącego dopuszczalnym i minimalizującym moment wykonania wszystkich zadań. Dość często problem przepływowy rozpatruje się jako tzw. *permutation flow-shop*. Jako zmienną decyzyjną przyjmuje się wówczas permutację zbioru zadań. Moment wykonania zadań jest określany na podstawie najdłuższej ścieżki w pewnym grafie [4].

Drugi z problemów (*job-shop*) zakłada pełne uporządkowanie zadań wynikające z ograniczeń technologicznych. W celu zdefiniowania problemu gniazdowego należy zdefiniować trzy zbiory – zbiór zadań J , zbiór operacji O oraz zbiór maszyn M . Ponadto zbiór operacji podzielony jest na odpowiednie podzbiory odpowiadające poszczególnym zadaniom. Zadanie kojarzone jest z określoną sekwencją operacji konkretnego podzbioru.

Sekwencja określa wymaganą kolejność wykonywania operacji. Ponadto każdej z operacji przyporządkowana jest odpowiednia maszyna z zbioru M . W problemie typu *job-shop* przyjmuje się następujące ograniczenia:

- każda z maszyn może wykonywać wyłącznie jedną operację w danej chwili,
- w danej chwili nie można wykonywać więcej niż jednej operacji danego zadania,
- operacja nie może zostać przerwana.

Dopuszczalne uszeregowanie zostaje zdefiniowane na podstawie momentów rozpoczęcia operacji przy uwzględnieniu powyższych ograniczeń. Problem polega na określeniu dopuszczalnego rozwiązania, które będzie minimalizowało wykonanie wszystkich operacji rozpatrywanego procesu [5].

Problem *open-shop* jest nazywany także problemem otwartym. Problem ten jest nieco mniej znany i cechuje go brak uporządkowania operacji [1]. Problem otwarty jest bardzo ważnym problemem praktycznym związanym z szeregowaniem zadań produkcyjnych. Jest on jednocześnie bardzo trudny do rozwiązania – zwłaszcza, gdy chodzi o czas uzyskania jego rozwiązania [7]. W przypadku problemu otwartego nie są określone relacje następstwa, które zachodzą pomiędzy poszczególnymi operacjami procesu. Dlatego też operacje mogą być wykonywane w dowolnej kolejności. Przykładem mogą tu być wszelkie działania w których kolejność wykonywania poszczególnych prac nie gra roli. Sytuacja taka ma miejsce podczas prac dotyczących modernizacji różnorodnych elementów komputerów osobistych [6]. Tak przyjęte założenie powoduje, że przestrzeń obliczeń i poszukiwania rozwiązania przyjmuje ogromne rozmiary. Liczba różnorodnych wariantów harmonogramów jest bardzo duża [7].

Podczas planowania produkcji zakłada się statyczny charakter procesu, jednak doświadczenie wskazuje na występowanie dynamizmu produkcji. Dlatego też podczas szeregowania zadań produkcyjnych napotyka się na problemy statyczne oraz dynamiczne.

Wszelkie problemy statyczne dotyczą systemów, w których wszystkie procesy są znane podczas tworzenia harmonogramu. Oznacza to, że żadne zadania, które uprzednio nie były znane nie pojawią się. Natomiast problemy dynamiczne dotyczą systemów wymagających często pewnej reorganizacji. W dynamicznych systemach harmonogramowania mogą pojawić się prace, które nie były znane w chwili tworzenia harmonogramu. Ponadto należy je umieścić w utworzonym harmonogramie, co niejednokrotnie jest problemem samym w sobie [6].

Oprócz problemów związanych z harmonogramowaniem produkcji we wspomnianych powyżej systemach, można także wyróżnić problemy teoretyczne oraz praktyczne.

Rzeczą wiadomą jest, iż prowadzone badania teoretyczne niekoniecznie mogą w pełni znaleźć odzworowanie w rzeczywistości. Stąd też problemy teoretyczne, to często problemy testowe. Ujawniają się one podczas oceny wyników przeprowadzanych badań. Cechą charakterystyczną tych problemów jest formułowanie pewnych założeń upraszczających rzeczywistość. Istnieje wiele założeń, wśród których warto wymienić następujące:

- „Na danej maszynie nie można wykonywać dwóch operacji równolegle” – jest to oczywiście założenie niezgodne z praktyką, gdyż rzadko występuje maszyna wykonująca tylko i wyłącznie jedną operację,
- „Każda praca musi być wykonana do końca” – założenie to wyklucza możliwość przerwania operacji i zaniechania dalszej jej realizacji, co w rzeczywistości może mieć miejsce,
- „Mogą wystąpić okresy w których maszyny są nieobciążone” – stwierdzenie to jest jak najbardziej słuszne z praktyką, gdyż taka sytuacja może mieć miejsce podczas prowadzenia produkcji [6].

Problemy praktyczne natomiast dotyczą harmonogramowania rzeczywistych procesów. Do ich rozwiązywania stosuje się podejście ewolucyjne. Przykładami takich problemów mogą być typowe komplikacje pojawiające się chociażby w produkcji schłodzonych produktów spożywczych, produkcji papieru i folii, produkcji elementów złącznych. Tworzone są systemy odpowiednio niwelujące różnorodne problemy szeregowania zadań produkcyjnych. Systemy te zazwyczaj dotyczą jednej maszyny, uwzględniają czasy przebrojeń, terminy napływu zleceń oraz terminy zakończenia. Problemy harmonogramowania systemów rzeczywistych opisywane są w specjalistycznych publikacjach [6].

Proces harmonogramowania związany jest także z występowaniem pewnych zmiennych losowych. Dlatego też rozróżnia się problemy deterministyczne oraz probabilistyczne.

Problemy te wynikają z charakteru rozpatrywanego systemu. Jeżeli system harmonogramowania będzie systemem stochastycznym, wówczas wielkości takie jak chociażby termin gotowości prac czy czasy wykonania operacji są zmiennymi losowymi o zadanych parametrach. Wówczas taki system stanie się systemem masowej obsługi. Jeżeli zaś system będzie deterministyczny – element losowości nie będzie w nim występował. Dotyczy to zarówno terminów pojawiania się prac, czasów trwania operacji, a także innych wielkości charakterystycznych dla danego systemu produkcyjnego [6].

5. Metody rozwiązywania problemów.

Jak można zauważyć proces harmonogramowania produkcji związany jest z występowaniem licznych problemów przeróżnej natury. Dlatego też dokłada się wszelkich starań, aby powstające problemy niwelować, poprzez ich rozwiązywanie. W tym celu stosuje się różnorodne metody budowania harmonogramów. Podział metod szeregowania zadań produkcyjnych, wynikający z różnorodności stosowanych algorytmów, wyróżnia:

- metody poszukujące dokładnych rozwiązań problemów (przeszukiwanie zupełne, przeszukiwanie losowe, programowanie całkowitoliczbowe),
- metodę podziałów i ograniczeń,
- systemy ekspertowe,
- heurystyczne metody budowania harmonogramów (systemy dyspozytorskie, reguły priorytetów, algorytmy przeszukiwania sąsiedztwa),
- metody zaliczane do grupy algorytmów ewolucyjnych [6].

Wymienione powyżej metody harmonogramowania pozwalają na likwidację powstających barier, a także zwiększenie efektywności planowania i realizacji produkcji. Stosowanie różnorodnych metod szeregowania zadań produkcyjnych pozwala ponadto zoptymalizować proces harmonogramowania produkcji.

4. Wnioski.

Przedsiębiorstwo, chcąc przetrwać na współczesnym, coraz bardziej burzliwym rynku, musi być w pełni zorientowane na klienta. Ponadto powinno charakteryzować się dość dużą elastycznością oraz krótkim czasem reakcji na zachodzące na rynku zmiany. W celu osiągnięcia przedstawianych założeń, należy stosować odpowiednie narzędzia. Pomocne staje się wówczas harmonogramowanie produkcji, pozwalające uzyskać wiele informacji dotyczących procesu produkcyjnego. Informacje te są niejednokrotnie wymagane przez klienta. Chodzi tu m.in. o możliwą wielkość produkcji, czas jej realizacji i wiele innych.

Proces szeregowania zadań produkcyjnych jest jednak obarczony pewnymi problemami, które wynikają z założeń przyjmowanych podczas przygotowywania harmonogramu produkcji. Większość problemów jest dość trudna do rozwiązania. Stopień trudności głównych problemów harmonogramowania wynika z ich złożoności – są to

zazwyczaj problemy typu NP-trudnego. Fakt ten sprawia, iż można uzyskać jedynie rozwiązania dopuszczalne, a nie dokładne. Ponadto występuje wiele problemów związanych z losowością procesów, ich przebiegiem oraz rzeczywistym stanem. Istnieje jednak szereg metod harmonogramowanie pomocnych w rozwiązywaniu pojawiających się problemów. Nad metodami, opartymi na różnorodnych algorytmach, wciąż prowadzi się badania – ma to na celu zwiększenie ich jakości i efektywności. Dlatego też warto stosować szeregowanie zadań produkcyjnych jako narzędzie pomocne w realizacji produkcji.

Bibliografia

1. Ahmad Shahrizal Muhammad, Safaai Deris. An artificial immune system for solving production scheduling problems: a review. Springer Science, Business Media B.V. 2011.
2. Bożena Skołod, Iwona Wosik. Algorytmy immunologiczne w szeregowaniu zadań produkcyjnych. Zarządzanie Przedsiębiorstwem, Nr 1 (2008). – s. 47 – 48.
3. Edward Pająk. Zarządzanie produkcją – produkt, technologia, organizacja. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006. – s. 232, 235.
4. Eugeniusz Nowicki, Mariusz Makuchowski. Metoda wstawień w klasycznych problemach szeregowania. Cz. I. Problem przepływowy. Instytut Cybernetyki Technicznej, Politechnika Wrocławska. – s.1 – 3.
5. Eugeniusz Nowicki, Mariusz Makuchowski. Metoda wstawień w klasycznych problemach szeregowania. Cz. II. Problem gniazdowy. Instytut Cybernetyki Technicznej, Politechnika Wrocławska. – s.1 – 2.
6. Marek Pawlak. Algorytmy ewolucyjne jako narzędzie harmonogramowania produkcji. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1999. – s. 16 – 24.
7. J. Louis, Zhijie Xu. Genetic Algorithms for Open Shop Scheduling and Re-Scheduling. Department of Computer Science, University of Nevada. – s. 2.
8. Waldemar Herka, Paweł Sewastianow. Szeregowanie zadań na jednej maszynie (aspekt wąskiego gardła) w warunkach niepewności rozmyto-interwałowej. Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej, Częstochowa.