



Krzysztof S. Targiel

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach
Wydział Informatyki i Komunikacji
Katedra Badań Operacyjnych
krzysztof.targiel@ue.katowice.pl

WIELOKRYTERIALNE WSPOMAGANIE DECYZJI W HARMONOGRAMOWANIU PRODUKCJI

Streszczenie: Dla problemu harmonogramowania produkcji zostało zaproponowanych wiele modeli go opisujących. W artykule podejmiemy analizę zadań klasy *flow-shop*. W klasycznym ujęciu zadanie to jest zadaniem jednokryterialnym, jednak rozważanych jest wiele różnych funkcji celu. Znane są prace, które definiują ten problem jako zadanie wielokryterialne. Zaprezentowany artykuł dokona przeglądu literatury przedmiotu w tym zakresie. Zostanie także przedstawiona implementacja wybranego modelu w systemie AIMMS.

Słowa kluczowe: harmonogramowanie produkcji, implementacja modeli wielokryterialnych, harmonogramowanie wielokryterialne.

Wprowadzenie

Harmonogramowanie produkcji należy do szerokiej klasy problemów planowania produkcji. Składa się ono z takich etapów, jak planowanie programu produkcyjnego, planowanie produkcji – harmonogramowanie ogólne, planowanie materiałowe oraz planowanie terminów i pracy maszyn. Ostatni etap jest nazywany harmonogramowaniem szczegółowym. W literaturze przedmiotu zostało zaproponowanych wiele modeli opisujących powyższy problem. Ich klasyfikacja z punktu widzenia rodzaju rozwiązywanego problemu obejmuje trzy zasadnicze klasy: zadanie typu *flow-shop*, *job-shop* oraz *open-shop*.

W artykule podejmiemy analizę zadań klasy *flow-shop*, które w klasycznym ujęciu jest zadaniem jednokryterialnym. W literaturze przedmiotu [Pawlak, 1999] rozważanych jest jednak wiele różnych funkcji celu, dlatego znane są także prace, które wykorzystują więcej niż jedną funkcję celu, co prowadzi do problemu wielo-

kryteriowego. Przedstawiony artykuł dokona przeglądu literatury przedmiotu w tym zakresie. Następnie zostanie przedstawiona implementacja różnych funkcji celu w przykładowym modelu opisującym problem *flow-shop* w systemie AIMMS.

Pierwsza część artykułu umiejscawia zadania harmonogramowania w problemach planowania produkcji. W części tej podano także typy zadań harmonogramowania. Druga część przedstawia formalny zapis zadania harmonogramowania, definiując także wykorzystaną symbolikę. W trzeciej części przedstawiono zadanie optymalizacyjne pozwalające na znalezienie rozwiązania problemu harmonogramowania. Kolejna część rozważa problem harmonogramowania wielokryterialnie. Ostatnia część artykułu przedstawia wyniki obliczeń wykonanych za pomocą implementacji wielokryterialnego zadania harmonogramowania w systemie AIMMS.

1. Problemy planowania produkcji

W szerokiej klasie problemów planowania produkcji rozróżnia się następujące etapy [Pawlak, 1999, s. 12]:

- planowanie programu produkcyjnego – w ramach którego należy rozpatrzyć między innymi prognozowanie zapotrzebowania na produkty, prognozowanie zapotrzebowania na półprodukty i surowce, zgrubne planowanie programu produkcyjnego,
- planowanie produkcji – harmonogramowanie ogólne – polegające na określeniu terminów rozpoczęcia i zakończenia realizacji zleceń na podstawie zdolności produkcyjnych,
- planowanie materiałowe – w ramach którego należy określić zapotrzebowania brutto i netto, rozłożenie ich w czasie, sterowanie zapasami magazynowymi itd.,
- planowanie terminów i pracy maszyn – harmonogramowanie produkcji (szczegółowe), polegające na określeniu momentów wykonania operacji na stanowiskach roboczych.

Zadania wykonywane w ramach trzech pierwszych etapów należą do typowych zadań rozwiązywanych w systemach informatycznych klasy MRPII. Harmonogramowanie szczegółowe jest także proponowane w komercyjnych systemach [Targiel i in., 2011], lecz są to zaimplementowane metody heurystyczne dające dopuszczalny harmonogram, niekoniecznie optymalny. Istnieje bogata literatura dotycząca optymalizacji harmonogramowania, dająca teoretyczne podstawy do tworzenia modeli optymalizacyjnych harmonogramowania.

Terminologia stosowana w praktyce różni się od tej stosowanej w zagadnieniach teoretycznych, dlatego tę stosowaną dalej dostosowano do używanej w komercyjnych systemach klasy ERP/MRP II [Targiel i in., 2011]. Zamiast o zada-

niach lub pracach (ang. *jobs*), będziemy mówili o zleceniach (produkcyjnych). Będą one wykonywane nie na maszynach (ang. *machines*), lecz na stanowiskach roboczych, które są pogrupowane w gniazda robocze.

Zagadnienia harmonogramowania nie należą do zagadnień prostych. W praktyce gospodarczej najczęściej ograniczamy się do utworzenia harmonogramu wykonalnego. Niemniej jednak powstały liczne prace, w głównej mierze teoretyczne, podejmujące temat optymalizacji otrzymywanych harmonogramów. W pracach tych wydzielono trzy zasadnicze typy zadań harmonogramowania:

- *open-shop* – zadanie, w którym nie ma ograniczeń technologicznych; każda operacja może być wykonana na każdym stanowisku roboczym, w dowolnie wybranym momencie, pod warunkiem, iż stanowisko to nie jest zajęte wykonywaniem innej operacji,
- *job-shop* – zadanie, w którym istnieją ograniczenia technologiczne w postaci następstwa operacji, z których składają się zlecenia,
- *flow-shop* – zadanie, w którym zlecenia muszą przepłynąć przez ściśle określony ciąg stanowisk; wyszczególniana jest specyficzna postać tego zadania, w którym nie jest możliwe przerywanie zleceń, tzn. określamy jedynie kolejność rozpoczynania zleceń; ten typ zadań jest nazywany *permutation flow-shop*.

W kolejnym rozdziale sformułujemy formalnie zadanie harmonogramowania i przedstawimy typologię tych zadań.

2. Formalny zapis problemu harmonogramowania

Zadanie harmonogramowania polega na określeniu kolejności wykonania operacji o_{ik} , z których składają się zlecenia produkcyjne J_i , $i = 1 \dots n$, na M_k , $k = 1 \dots m$, stanowiskach roboczych.

Wprowadzimy następujące oznaczenia:

r_i – moment gotowości do wykonania i -tego zlecenia produkcyjnego,

t_{ik} – czas wykonywania operacji o_{ik} ,

s_{ik} – moment rozpoczęcia i -tego zlecenia na k -tym stanowisku,

d_i – wymagany czas zakończenia i -tego zlecenia produkcyjnego,

a_i – dopuszczalny czas wykonywania i -tego zlecenia $a_i = d_i - r_i$,

l_i – liczba operacji i -tego zlecenia,

W_{ik} – czas oczekiwania i -tego zlecenia produkcyjnego przed wykonaniem k -tej operacji,

C_i – termin zakończenia i -tego zlecenia produkcyjnego,

F_i – czas przepływu – całkowity czas wykonania i -tego zlecenia produkcyjnego,

- L_i – opóźnienie i -tego zlecenia produkcyjnego,
 T_i – opóźnienie pracy i -tego zlecenia produkcyjnego,
 E_i – wyprzedzenia pracy i -tego zlecenia produkcyjnego,
 I_k – czas bezczynności k -tego stanowiska.

Ponieważ w niniejszym opracowaniu ograniczamy się jedynie do zadań typu *flow-shop*, w którym są wykonywane operacje przyporządkowane konkretnym stanowiskom, można przyjąć, iż t_{ik} oznacza czas wykonywania właściwej operacji i -tego zlecenia na k -tym stanowisku.

Przy powyższych oznaczeniach prawdziwe są następujące zależności:

$$a_i = d_i - r_i \quad (1)$$

$$C_i = r_i + \sum_{k=1}^s (W_{ik} + t_{ik}) \quad (2)$$

$$F_i = C_i - r_i \quad (3)$$

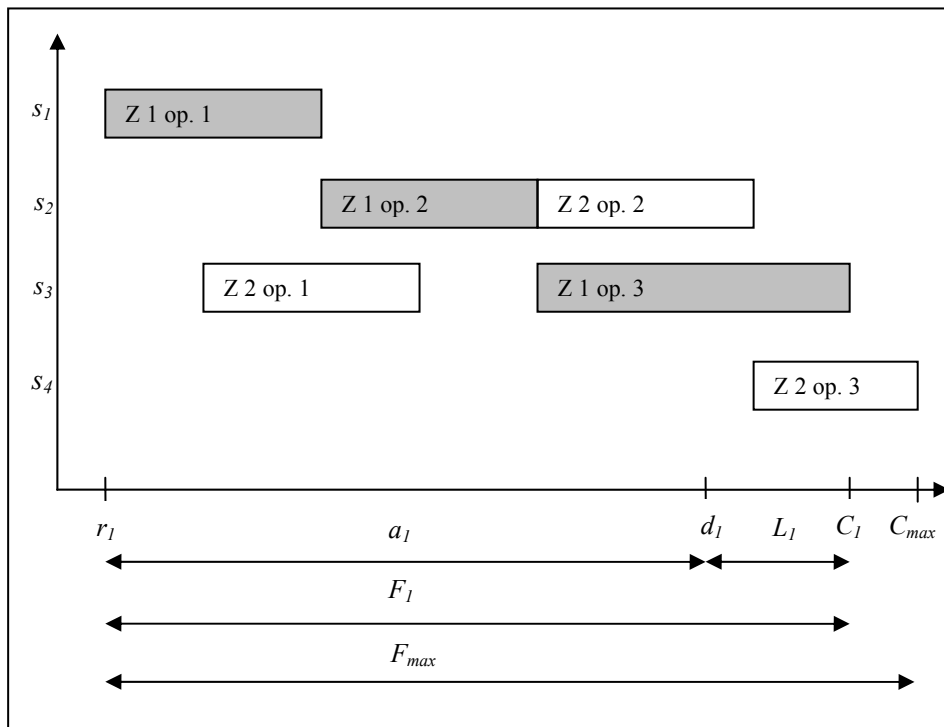
$$L_i = C_i - d_i \quad (4)$$

$$C_{\max} = \max_i C_i \quad (5)$$

$$L_{\max} = \max_i L_i \quad (6)$$

$$I_k = C_{\max} - \sum_{i=1}^n t_{ik} \quad (7)$$

Zdefiniowane wielkości zostały przedstawione obrazowo na rys. 1.



Rys. 1. Wielkości charakteryzujące harmonogram

Źródło: Opracowanie na podstawie: Pawlak [1999, s. 28].

Rysunek 1 przedstawia harmonogram dla dwóch zleceń produkcyjnych, każdego składającego się z trzech operacji, które mają być wykonane na czterech stanowiskach roboczych. Pierwsza operacja pierwszego zlecenia rozpoczyna się w momencie r_1 dostępności stanowiska dla tego zlecenia. Zlecenie pierwsze powinno być wykonane w czasie a_1 , tzn. do momentu d_1 , lecz kończy się w momencie C_1 . Występuje w tym przypadku opóźnienie L_1 . Całkowity czas wykonania pierwszego zlecenia wynosi F_1 . Równolegle jest wykonywane zlecenie drugie, które kończy się później, w momencie C_{max} . Ponieważ jest to ostatnie wykonywane zlecenie, z jego ukończeniem kończy się cały harmonogram. Całkowity czas wykonywania wszystkich zleceń wynosi F_{max} .

Wielość różnych zadań rozpatrywanych w literaturze wymusiła konieczność wprowadzenia systemu klasyfikacji tych problemów. Szeroko stosowany jest system Grahama [Graham et al., 1979], w którym oznacza się zadania harmonogramowania trzema symbolami:

$$\alpha | \beta | \gamma$$

gdzie:

- α – proces przepływu zleceń oraz ilość maszyn, np. $F2$ oznacza problem *flow-shop* z dwiema maszynami,
 - β – występujące w zadaniu ograniczenia, np. $prmu$ oznacza występowanie permutacji, a $prec$ zależności logicznych pomiędzy operacjami; w przypadku braku takich ograniczeń pole pozostaje puste,
 - γ – typ kryterium oceny harmonogramu.
- Stosowane kryteria zostały opisane w następnym punkcie.

3. Zadania optymalizacyjne harmonogramowania

W ramach zadania harmonogramowania możemy zdefiniować wiele kryteriów oceny uzyskiwanych wyników. Można je zgrupować w następujących kategoriach [Pawlak, 1999]:

- Kryteria bazujące na czasie wykonania. Zgodnie z przyjętą symboliką oznacza to zadania minimalizacji parametrów F_{max} , C_{max} . Rozpatruje się także zadania, w których minimalizuje się średnie lub sumy ważone parametrów F_i , C_i .
- Kryteria bazujące na wymaganych terminach zakończenia. Są to na przykład zadania minimalizacji parametru L_{max} . Rozpatruje się także zadania, w których minimalizuje się średnią lub sumę tych parametrów dla wszystkich zleceń produkcyjnych.
- Kryteria bazujące na kosztach zapasów i wykorzystania maszyn. Są to także zadania minimalizacji, przy czym minimalizuje się najczęściej średnią liczbę zleceń produkcyjnych lub średni czas bezczynności maszyny. Minimalizując te wielkości, możemy także pośrednio minimalizować koszty magazynowania zapasów.

Do rozwiązywania problemu harmonogramowania są wykorzystywane nie tylko algorytmy optymalizacyjne, ale przede wszystkim algorytmy heurystyczne, w szczególności algorytmy ewolucyjne.

Zadanie optymalizacyjne harmonogramowania problemu *flow-shop* konstruujemy wybierając jedną z wymienionych wcześniej funkcji celu. Ograniczenia uwzględniają zależności czasowe pomiędzy operacjami oraz logiczne wynikające ze specyfiki problemu. Wprowadzimy zmienną binarną x_{ij} równą jeden, gdy i -te zlecenie jest rozpoczynane jako j -te w kolejności:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall j = 1 \dots n \quad (6)$$

Ograniczenie (6) mówi, że tylko jedno zlecenie może się rozpocząć jako pierwsze, tylko jedno może się rozpocząć jako drugie itd.:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall i = 1..n \quad (7)$$

Ograniczenie (7) mówi, że każde zlecenie może się tylko raz rozpocząć:

$$s_{ik+1} \geq s_{ik} + t_{ik} \quad \forall i = 1..n \quad \forall k = 1..m \quad (8)$$

Kolejne ograniczenie (8) mówi, że moment rozpoczęcia i -tego zlecenia na kolejnym $k + 1$ stanowisku roboczym nie może być wcześniejszy niż moment rozpoczęcia tego zlecenia na poprzednim k -tym stanowisku plus czas realizacji operacji na k -tym stanowisku roboczym:

$$s_{i+1,k} \geq s_{ik} + t_{ik} \quad \forall i = 1..n \quad \forall k = 1..m \quad (9)$$

Ograniczenie (9) mówi, że moment rozpoczęcia kolejnego $i + 1$ zlecenia na k -tym stanowisku nie może być wcześniejszy niż suma momentu rozpoczęcia na tym stanowisku poprzedniego i -tego zlecenia plus czas realizacji tego zlecenia na stanowisku k -tym.

Często jest także dodawany warunek praktyczny, że zlecenie nie może się rozpocząć wcześniej, niż jest ono gotowe do realizacji:

$$s_{i,1} \geq r_i \quad \forall i = 1..n \quad (10)$$

Ograniczenie (10) zapewnia spełnienie tego warunku dla każdego zlecenia na każdym początkowym stanowisku pracy.

4. Wielokryterialne harmonogramowanie produkcji

Problem wielokryterialnego harmonogramowania produkcji był wielokrotnie podejmowany w literaturze przedmiotu. W pracy Lei [2009] można znaleźć przegląd prac wydanych do 2009 roku. Autor podaje, iż od 1954 roku powstało około 1300 prac poświęconych problemowi *flow-shop*, z których około 50 rozważało problem wielokryterialnie. Problemy te są następnie szczegółowo omawiane pod kątem typu problemu, ilości rozpatrywanych funkcji celu oraz sposobu rozwiązania. Dominuje wykorzystanie heurystyk oraz algorytmów genetycznych. Sun i in. [2010] skupiają się jedynie nad wielokryterialnymi problemami typu *flow-shop*, podając charakterystykę rozwiązanych problemów zgodnie ze zmodyfi-

kowaną dla problemów wielokryterialnych klasyfikacją Grahama. Hoogeveen [2005] przedstawia interesującą modyfikację klasyfikacji Grahama dla zadań wielokryterialnych, w której parametr γ określa nie tylko funkcje celu, ale także sposób znajdowania rozwiązania końcowego problemu wielokryterialnego. Autor wprowadza następujące oznaczenia:

- $\alpha|\beta| Lex(f,g)$ – problem jest rozwiązywany leksykograficznie,
- $\alpha|\beta| F(f,g)$ – problem wielokryterialny jest rozwiązywany z wykorzystaniem liniowej kombinacji funkcji celu,
- $\alpha|\beta| \epsilon(f,g)$ – problem wielokryterialny jest rozwiązywany metodą epsilon-ograniczeń.

W dalszej części niniejszego artykułu badano modyfikację problemu rozważanego przez Brizuela, Sannomiya i Zhao [2001]. Problem ten zgodnie z notacją Hoogeveena można opisać symbolem $Fm||F(C_{max}, \sum(F))$. Jest to problem typu *flow-shop* z m -stanowiskami roboczymi, w którym nie występują ograniczenia. Dopuszczalne harmonogramy są oceniane za pomocą dwóch kryteriów. Pierwszym z nich jest minimalizacja całkowitego czasu realizacji wszystkich zleceń. Drugie kryterium to minimalizacja sumarycznego czasu przepływu wszystkich zleceń produkcyjnych przez system. Uzyskany model problemu przyjął postać:

$$\left[\begin{array}{c} C_{max} \\ \sum_{i=1}^m F_i \end{array} \right] \rightarrow \min \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad j = 1 \dots n \quad (12)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad i = 1 \dots n \quad (13)$$

$$s_{ik+1} \geq s_{ik} + t_{ik} \quad i = 1 \dots n, k = 1 \dots m \quad (14)$$

$$s_{i+1,k} \geq s_{ik} + t_{ik} \quad i = 1 \dots n, k = 1 \dots m \quad (15)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad i, j = 1 \dots n \quad (16)$$

Wyrażenie (11) określa, iż mamy do czynienia z problemem wektorowej minimalizacji. Problem ten został rozwiązany przez stworzenie liniowej kombinacji funkcji celu, w której wagi określono przyjmując wartości na poziomie $w_1 = w_2 = 0,5$.

5. Wyniki obliczeń

Rozważany w punkcie 4 model został zaimplementowany w środowisku AIMMS. W implementacji wykorzystano przykładowy problem *FlowShop.prj* znajdujący się w bibliotece przykładów AIMMS ver. 3.13. Na jego podstawie utworzono model dwukryterialny. Ponieważ uzyskany model był klasy MIP (ang. *Mixed Integer Programming*), co oznacza mieszane programowanie całkowitoliczbowe, w obliczeniach można było wykorzystać dostępny w systemie AIMMS ver. 3.13 solver CPLEX 12.4.

Uzyskaną implementację zweryfikowano za pomocą benchmarkowego problemu opublikowanego przez Tailarda [1993]. Wykorzystano zadanie oznaczone symbolem ta001. Jest to problem z dwudziestoma zleceniami produkcyjnymi oraz pięcioma stanowiskami roboczymi. Dla tego zadania znane jest optymalne rozwiązanie w problemie, w którym jest minimalizowany całkowity czas wykonania wszystkich zleceń produkcyjnych. Optymalna wartość kryterium wynosi $C_{max} = 1278$.

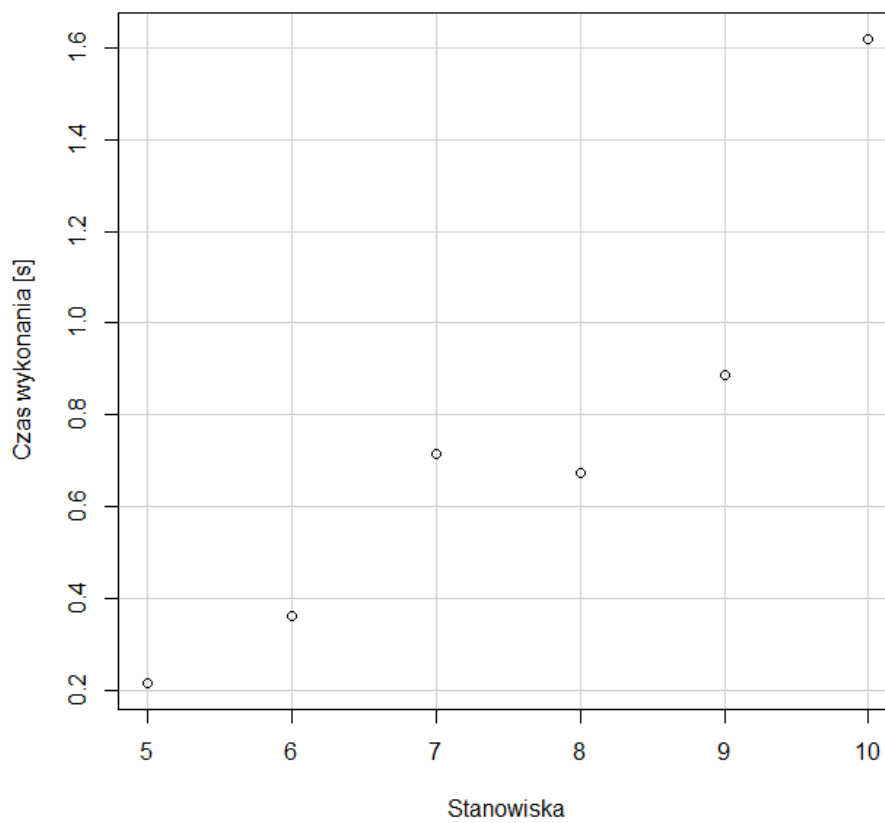
W utworzonej implementacji uzyskano tę optymalną wartość dla pierwszego kryterium. Dzięki temu można przyjąć, że ograniczenia są zaimplementowane poprawnie.

Dla zweryfikowanego modelu zbadano czasy znajdowania rozwiązania problemu. Dla ustalonej liczby 10 zleceń produkcyjnych zmieniano w zakresie od pięciu do dziesięciu liczbę stanowisk roboczych. Czasy trwania były losowane z przedziału (1, 100). Ponieważ czasy znajdowania rozwiązania silnie zależały od wylosowanych czasów wykonania poszczególnych operacji, obliczenia efektywnych harmonogramów przeprowadzono 10 razy, a następnie obliczono średni czas obliczeń. Wyniki badania przedstawiono w tab. 1 oraz na rys. 2.

Tabela 1. Średni czas znajdowania rozwiązania dla 10 zleceń (10 eksperymentów)

| Liczba stanowisk | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Średni czas [s] | 0,216 | 0,360 | 0,715 | 0,673 | 0,886 | 1,619 |
| Odchylenie standardowe [s] | 0,273 | 0,171 | 0,639 | 0,763 | 0,596 | 1,197 |

Źródło: Obliczenia w systemie AIMMS ver. 3.13.



Rys. 2. Czasy znajdowania rozwiązania dla 10 zleceń produkcyjnych

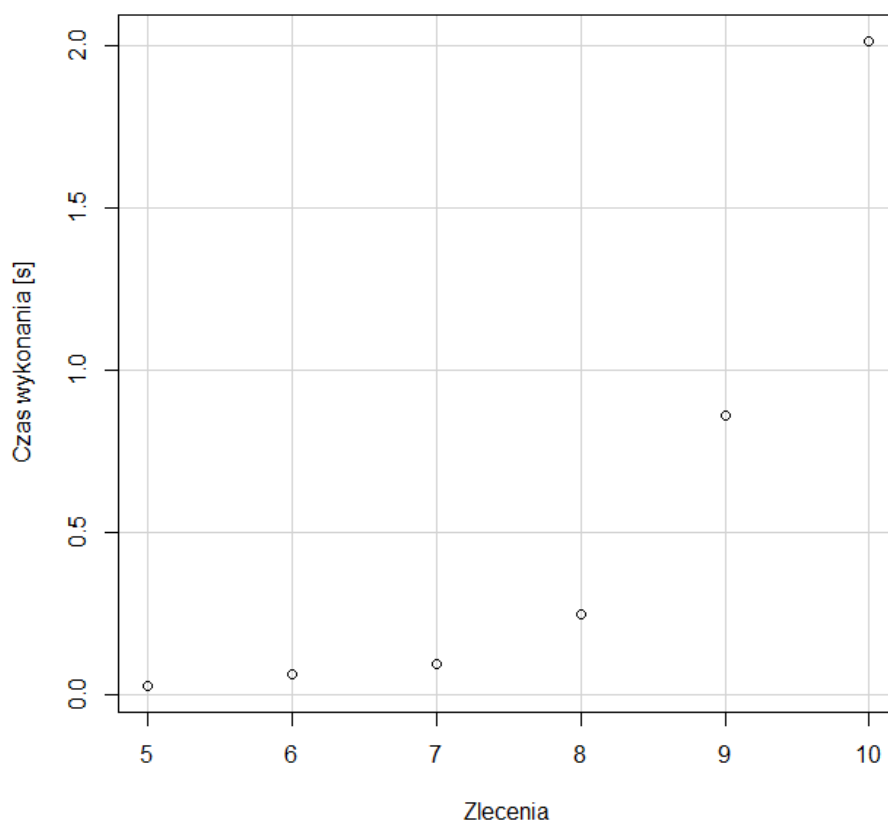
Źródło: Obliczenia w systemie AIMMS ver. 3.13.

W identyczny sposób zbadano wpływ ilości zleceń na czasy znajdowania rozwiązania efektywnego. Wyniki przedstawiono w tab. 2 oraz na rys. 3.

Tabela 2. Średni czas znajdowania rozwiązania dla 10 stanowisk (10 eksperymentów)

| Liczba zleceń | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Średni czas [s] | 0,027 | 0,064 | 0,095 | 0,248 | 0,858 | 2,014 |
| Odchylenie standardowe [s] | 0,010 | 0,025 | 0,029 | 0,108 | 0,655 | 1,226 |

Źródło: Obliczenia w systemie AIMMS ver. 3.13.

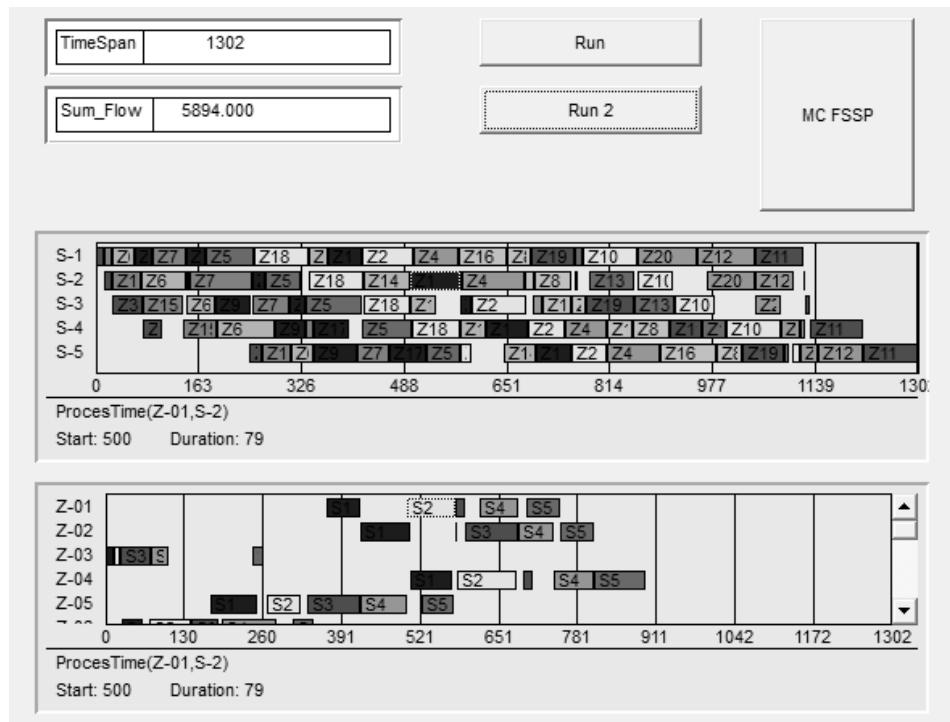


Rys. 3. Czasy znajdowania rozwiązania dla 10 stanowisk

Źródło: Obliczenia w systemie AIMMS ver. 3.13.

Na obydwu rysunkach jest widoczny silny wzrost czasu potrzebnego do znalezienia rozwiązania efektywnego wraz ze wzrostem rozmiaru zadania. Są to jednak dla małych zadań (o wielkości do dziesięciu zleceń na dziesięć stanowisk) wielkości akceptowalne.

W systemie AIMMS stworzono interfejs, który pozwala poznać efektywny harmonogram prac. Jego wygląd przedstawiono na rys. 4. Harmonogramy są pokazywane w formie wykresów Gantta w dwóch ujęciach: ze względu na stanowiska robocze oraz ze względu na zlecenia produkcyjne. Możliwe jest rozwiązywanie problemu ze względu na wybraną funkcję celu lub jako problemu wielokryterialnego. Dla każdej operacji można wyświetlić moment rozpoczęcia oraz czas wykonania.



Rys. 4. Interfejs w środowisku optymalizacji AIMMS ver. 3.13

Źródło: Obliczenia w systemie AIMMS ver. 3.13.

Podsumowanie

W artykule przedstawiono implementację modelu wielokryterialnego harmonogramowania w systemie AIMMS. Badania czasów znajdowania rozwiązania problemu dają obiecujące wyniki dla małych zadań. Jak pokazano na przykładach, czas ten jednak silnie rośnie wraz z rozmiarem zadania. Obiecującym narzędziem dostępnym w systemie AIMMS jest możliwość przeprowadzania obliczeń równoległych. Narzędzie to nie musiało być wykorzystane przy rozwiązywaniu problemów wielokryterialnych metodą kombinacji liniowej funkcji kryterialnych. Może jednak znaleźć zastosowania przy rozwiązywaniu problemów metodą epsilon-ograniczeń lub metodą leksykograficzną.

Zaimplementowany problem jest zadaniem typu *flow-shop*, tzn. problemem typu taśmy produkcyjnej. Z praktycznego punktu widzenia znacznie istotniejsza byłaby implementacja problemu typu *job-shop*, w którym można zawrzeć istniejące w praktyce harmonogramowania zależności technologiczne. W tym kierunku będą zmierzać dalsze prace.

Literatura

- Brizuela, C., Sannomiya N. i Zhao Y. (2001), *Multi-Objective Flow-Shop: Preliminary Results* [w:] E. Zitzler (red.), *Evolutionary Multi-Criterion Optimization*, "Lecture Notes in Computer Science", Vol. 1993, Springer, Berlin, Heidelberg, s. 443-457.
- Graham R.L., Lawler E.L., Lenstra J.K., Rinnooy Kan A.H.G. (1979), *Optimization and Approximation in Deterministic Sequencing and Scheduling: A Survey*, "Annals of Discrete Mathematics", Vol. 5, s. 287-326.
- Hoogeveen H. (2005), *Multicriteria Scheduling*, "European Journal of Operational Research", Multicriteria Scheduling, Vol. 167, No 3, s. 592-623.
- Lei D. (2009), *Multi-Objective Production Scheduling: A Survey*, "The International Journal of Advanced Manufacturing Technology", Vol. 43 (9-10), s. 926-938.
- Pawlak M. (1999), *Algorytmy ewolucyjne jako narzędzie harmonogramowania produkcji*, PWN, Warszawa.
- Sun Y., Zhang Ch., Gao L., Wang X. (2011), *Multi-Objective Optimization Algorithms for Flow Shop Scheduling Problem: A Review and Prospects*, "The International Journal of Advanced Manufacturing Technology", Vol. 55 (5-8), s. 723-39.
- Taillard E.D.(1993), *Benchmarks for Basic Scheduling Problems*, "European Journal of Operational Research", Vol. 64, s. 278-285.
- Targiel K., Trzaskalik T., Kędzierski S. i Krzeszowska B. (2011), *Harmonogramowanie produkcji w systemie IMPULS 5* [w:] T. Trzaskalik (red.), *Harmonogramowanie produkcji w systemach klasy ERP na przykładzie systemu IMPULS 5*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Katowice.
- Trzaskalik T., Targiel K., Szweda F. i Kędzierski S. (2011), *Harmonogramowanie produkcji w systemie IMPULS 5 firmy BPSC SA*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, nr 210, s. 258-71.

MULTI-CRITERIA DECISION SUPPORT FOR SCHEDULING PRODUCTION

Summary: Production scheduling belongs to a broad class of problems of production planning. It consists of the steps. The last one is called the detailed scheduling. Many models have been proposed to describe this problem. They are classified into three main classes: flow-shop, job-shop and open-shop. In this paper, flow-shop problem analysis is undertaken. In classical approach, this is one criterion problem. In the literature there is known multi-criteria approach, which has been discussed. There is also presented the implementation of such model in AIMMS system.

Keywords: production scheduling, implementation multi-criteria models, multi-criteria scheduling.