

Równoważenie obciążeń stacji i przepływów między stadialnych w elastycznej linii montażowej z maszynami równoległymi

Cele ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z problemem równoważenia obciążeń stacji i przepływów między stadialnych w elastycznej linii montażowej z maszynami równoległymi.

Uwagi do ćwiczenia

Cześć wykonanych zadań może być wykorzystana w kolejnych ćwiczeniach, więc proponowane jest przechowywanie wyników na potrzeby kolejnych ćwiczeń.

Polecenia w środowisku Matlab

Zapoznać się z następującymi poleceniami w środowisku Matlab: `repmat`, `length`, `size`, `intvar`, `sdpsettings`, `solvesdp`, `round`, `double`, `find`.

Jeśli jest to możliwe, użyj powyższych poleceń do implementacji rozwiązań poniższych zadań.

Zadania do wykonania w ramach ćwiczenia:

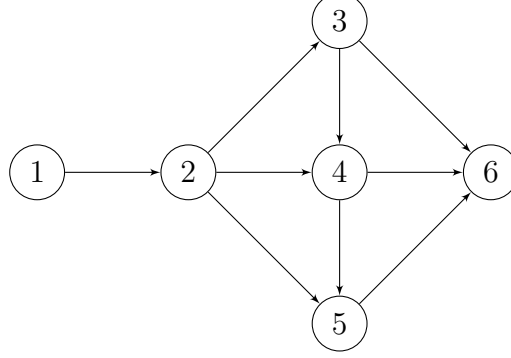
1. Rozważmy elastyczną linię montażową, która składa się z trzech stacji montażowych ($i = 1, 2, 3$) z możliwością wykonywania sześciu operacji montażowych ($j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$). Każda stacja może jednocześnie posiadać dwa rodzaje części, co odpowiada dwóm operacjom montażowym ($w_i = 2$, dla $i = 1, 2$) oraz po dwie maszyny równoległe ($m_i = 2$, dla $i = 1, 2$). Potrzeba wyprodukować cztery różne typy produktów ($k = 1, 2, 3, 4$), po sto pięćdziesiąt sztuk każdego produktu ($r_k = 150$ dla $k = 1, 2, 3, 4$). Czasy montażu dla każdego wyrobu są identyczne ($t_{jk} = 4, 3, 2, 2, 4, 5$ dla $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ oraz $k = 1, 2, 3, 4$). Aby wyprodukować każdy produkt należy, wykonać następujące operacje montażowe dla każdego wyrobu:

$$J_k = \{(1, 2, 3, 6), (1, 2, 3, 4, 6), (1, 2, 4, 6), (1, 2, 5, 6)\}, \quad k = 1, 2, 3, 4.$$

Zbiór wszystkich par operacji, które należy uwzględnić w ograniczeniu kolejnościowym ma następującą postać:

$$P_k = \{(1, 2), (2, 3), (2, 4), (2, 5), (3, 4), (3, 6), (4, 5), (4, 6), (5, 6)\}, \quad k = 1, 2, 3, 4.$$

Graf ograniczeń kolejnościowych przedstawiono na rys. 1. W celu pełnego równowa-



Rysunek 1: Graf ograniczeń kolejnościowych

żenia obciążeń stacji i przepływów między stacjami w elastycznej linii montażowej bez maszyn równoległych należy rozwiązać następujący problem:

Funkcja celu Równoważenie obciążeń stacji i przepływów między stacjami:

$$L_{max} \quad (1)$$

Ograniczenie 1: Ograniczenie związane z czasem cyklu

$$\lambda \sum_{k=1}^W \sum_{j=1}^N r_k t_{j,k} x_{i,j} / m_i + (1 - \lambda) \sum_{i=1}^M \sum_{k=1}^W r_k y_{i,k} \leq L_{max}, \quad i \in 1, 2, \dots, M \quad (2)$$

Ograniczenie 2: Każda operacja może być wykonywana tylko na jednej stacji:

$$\sum_{i=1}^M x_{i,j} = 1 \quad j \in 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

Ograniczenie 3: Ograniczenie przestrzeni w danej stacji. Każda stacja może jednocześnie posiadać $m_i w_i$ rodzaj części:

$$\sum_{j=1}^N x_{i,j} \leq m_i w_i \quad i \in 1, 2, \dots, M \quad (4)$$

Ograniczenie 4: Zachowanie kolejności przydziału operacji:

$$x_{i,j} \leq \sum_{j=1}^N x_{i-1,j} / m_{i-1} \quad i \in 2, 3, \dots, M, \quad j \in 1, 2, \dots, N \quad (5)$$

Ograniczenie 5: Ograniczenie kolejnościowe. Nie uwzględniamy powrotów do stacji już odwiedzonych:

$$\sum_{i=1}^M ix_{i,j} \leq \sum_{i=1}^M ix_{i,r} \quad (j, r) \in R \quad (6)$$

Ograniczenie 6: Zapewnienie przechodzenia przez odpowiednie marszruty

$$y_{i,k} \geq x_{i,j}, \quad i \in 1, 2, \dots, M \quad k \in 1, 2, \dots, W, \quad j \in 1, 2, \dots, N \quad (7)$$

oraz

$$x_{i,j} \in \{0, 1\} \quad i \in 1, 2, \dots, M, \quad j \in 1, 2, \dots, N \quad (8)$$

$$y_{i,k} \in \{0, 1\} \quad i \in 1, 2, \dots, M, \quad k \in 1, 2, \dots, W \quad (9)$$

gdzie

- i -ta stacja montażowa $i = 1, 2, \dots, M$, gdzie M – liczba maszyn
- j -ta operacja montażowa $j = 1, 2, \dots, N$, gdzie N – liczba operacji
- k -ty typ montowanego wyrobu $k = 1, 2, \dots, W$, gdzie W – liczba wyrobów
- w_i – przestrzeń robocza i -tej stacji
- r_k – zapotrzebowanie na wyrób typu k
- m_i – liczba maszyn w i -tej stacji
- t_{jk} – czas wykonywania j -tej operacji dla wyrobu typu k
- J_k – zbiór operacji dla wyrobu typu k
- P_k – zbiór par operacji (j, r) dla wyrobu typu k – ograniczenie kolejnościowe

Zmienne decyzyjne:

- L_{max} – długość cyklu montażowego,
- $x_{i,j} = 1$ jeżeli j -ta operacja została przydzielona do i -tej stacji, inaczej 0
- $y_{i,k} = 1$ jeżeli wyrób typu k przechodzi przez i -tą stację, inaczej 0

Rozwiązać przedstawiony powyżej problem optymalizacji modyfikując kod z poprzedniego ćwiczenia poprzez dodanie dodatkowych ograniczeń (kolor czerwony) dla $\lambda \in [0, 0.5, 1]$. Przedstawić przydział operacji w postaci tabelarycznej oraz graf superograniczeń kolejnościowych z zaznaczonym przydziałem danej operacji do stacji dla każdej wartości parametru λ .

2. Zaproponuj własną elastyczną linię montażową, która będzie składała się z minimum sześciu stacji montażowych z możliwością wykonywania minimum piętnastu operacji montażowych. Każda ze stacji może jednocześnie posiadać minimum cztery rodzaje części oraz po dwie maszyny równoległe. System powinien umożliwiać wyprodukowanie minimum sześciu produktów różnego typu. Ilość sztuk dowolna. Czasy montażu dla danego wyrobu przyjąć identyczne. Określić kolejne operacje montażowe. Następnie przedstawić graf superograniczeń kolejnościowych wraz ze zbiorem operacji montażowych. Określić zbiór wszystkich par operacji, które należy uwzględnić w ograniczeniach kolejnościowych. Rozwiązać problem optymalizacji dla $\lambda \in [0, 0.5, 1]$. Przedstawić przydział operacji w postaci tabelarycznej oraz graf superograniczeń kolejnościowych z zaznaczonym przydziałem danej operacji do stacji dla każdej wartości parametru λ .