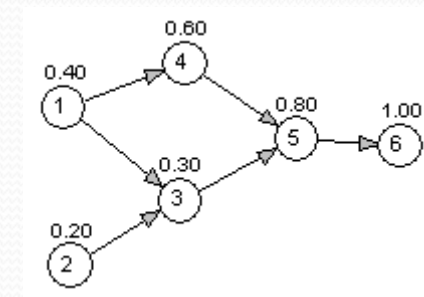


Heurystyczne algorytmy balansowania lini montażowych

Opisy i przykłady zastosowania

Algorytmy BLM - Heurystyczne

- metoda Ranked Positional Weight
- metoda Reversed Ranked Positional Weight
- metoda Kilbridge'a i Wester'a
- metoda macierzy kolejnościowej Hoffmana
- metoda Immediate Update First - Fit



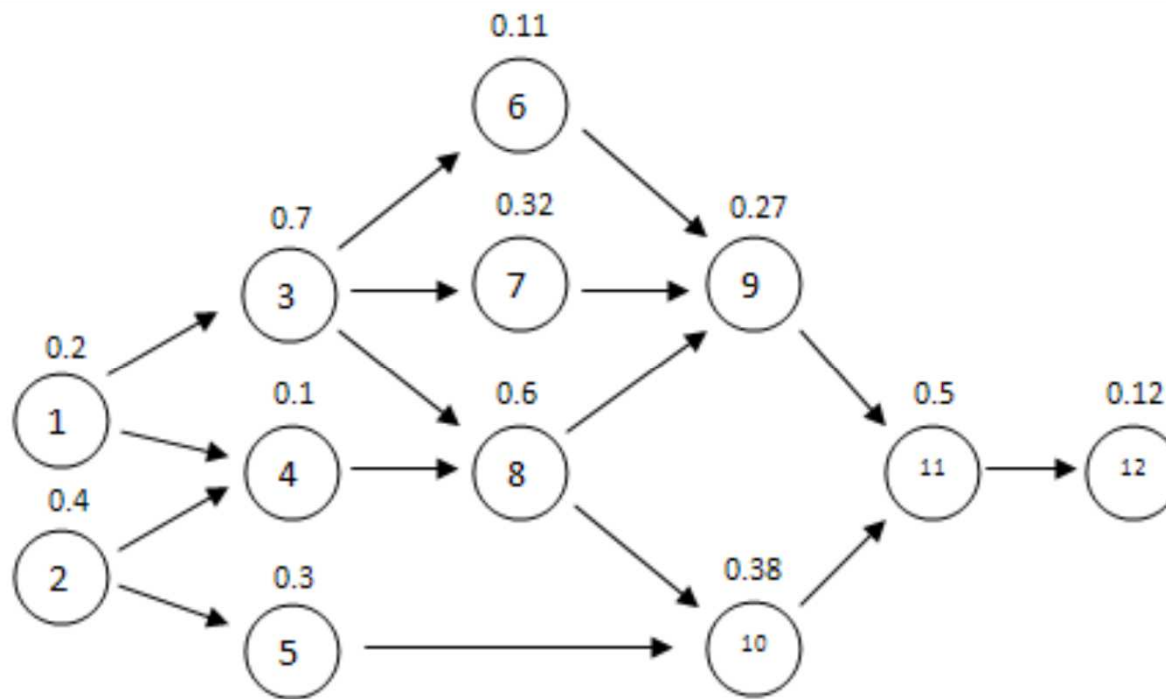
	1	2	3	4	5	6
1	0	0	1	1	0	0
2	0	0	1	0	0	0
3	0	0	0	0	1	0
4	0	0	0	0	1	0
5	0	0	0	0	0	1
6	0	0	0	0	0	0
Σ	0	0	2	1	2	1

Etapy

Metoda RPW (Ranked Positional Weight)

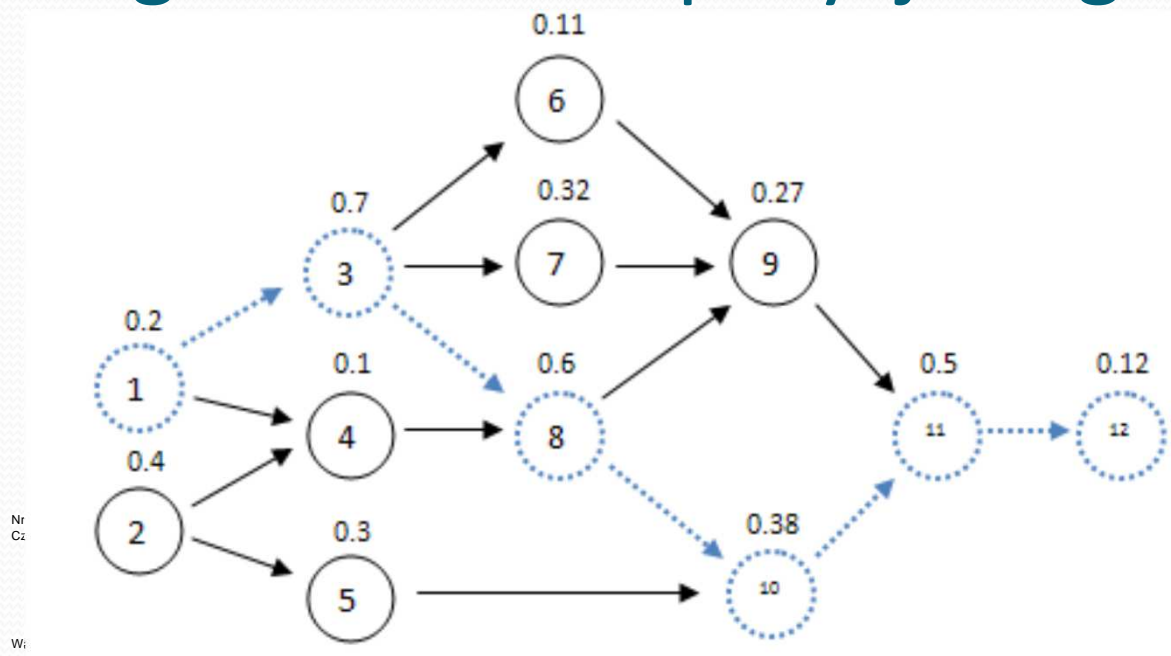
- Określić pozycję wagową dla każdej operacji (czas najdłuższej ścieżki od początku operacji poprzez resztę sieci),
- Uporządkować operacje sieci bazując na pozycjach wagowych. Operacja o najwyższej wadze ma być pierwsza,
- Przydzielić operacje do stacji roboczych, gdzie operacje o najwyższej wadze mają pierwszeństwo:
 - Jeśli pozostał czas na otwartej stacji roboczej po przydzieleniu operacji, przydzielić następną aż do momentu, kiedy nie zostanie zakłócony porządek relacji kolejnościowej lub przekroczony cykl,

Diagram relacji kolejnościowych



Nr operacji	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
czas operacji	0,2	0,4	0,7	0,1	0,3	0,11	0,32	0,6	0,27	0,38	0,5	0,12

Waga Określanie pozycji wagowych



Waga dla czynności 1: $0,2 + 0,7 + 0,6 + 0,38 + 0,5 + 0,12 = 2,5$

Nr operacji	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Czas operacji	0,2	0,4	0,7	0,1	0,3	0,11	0,32	0,6	0,27	0,38	0,5	0,12
	0,2	0,4	0,7	0,1	0,3	0,11	0,32	0,6	0,27	0,38	0,5	0,12
	0,7	0,1	0,6	0,6	0,38	0,27	0,27	0,38	0,5	0,5	0,12	
	0,6	0,6	0,38	0,38	0,5	0,5	0,5	0,5	0,12	0,12		
	0,38	0,38	0,5	0,5	0,12	0,12	0,12	0,12				
	0,5	0,5	0,12	0,12								
	0,12	0,12										
Waga	2,5	2,1	2,3	1,7	1,3	1	1,21	1,6	0,89	1	0,62	0,12

Etap II: Tworzenie uporządkowanej tabeli operacji

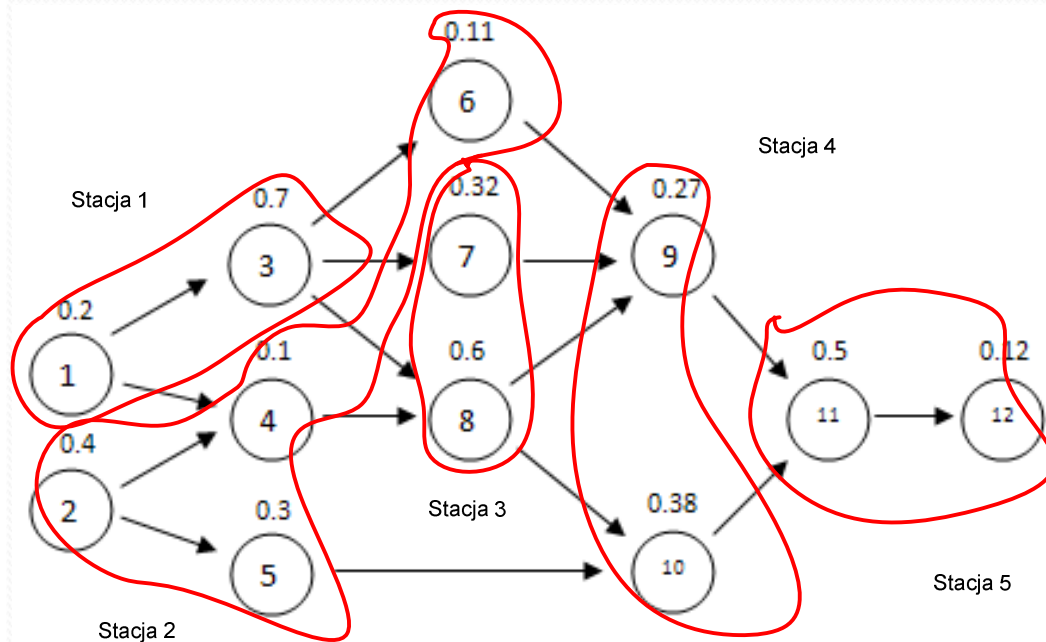
Nr operacji	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Czas operacji	0,2	0,4	0,7	0,1	0,3	0,11	0,32	0,6	0,27	0,38	0,5	0,12
	0,2	0,4	0,7	0,1	0,3	0,11	0,32	0,6	0,27	0,38	0,5	0,12
	0,7	0,1	0,6	0,6	0,38	0,27	0,27	0,38	0,5	0,5	0,12	
	0,6	0,6	0,38	0,38	0,5	0,5	0,5	0,5	0,12	0,12		
	0,38	0,38	0,5	0,5	0,12	0,12	0,12	0,12				
	0,5	0,5	0,12	0,12								
	0,12	0,12										
Waga	2,5	2,1	2,3	1,7	1,3	1	1,21	1,6	0,89	1	0,62	0,12

Uporządkowanie
wg wag

Nr operacji	1	3	2	4	8	5	7	6	10	9	11	12
Czas operacji	0,2	0,7	0,4	0,1	0,6	0,3	0,32	0,11	0,38	0,27	0,5	0,12
	0,7	0,6	0,1	0,6	0,38	0,38	0,27	0,27	0,5	0,5	0,12	
	0,6	0,38	0,6	0,38	0,5	0,5	0,5	0,5	0,12	0,12		
	0,38	0,5	0,38	0,5	0,12	0,12	0,12	0,12				
	0,5	0,12	0,5	0,12								
	0,12		0,12									
waga	2,5	2,3	2,1	1,7	1,6	1,3	1,21	1	1	0,89	0,62	0,12

Etap III Przydzielenie operacji do stacji roboczych

Nr operacji	1	3	2	4	8	5	7	6	10	9	11	12
Czas operacji	0,2	0,7	0,4	0,1	0,6	0,3	0,32	0,11	0,38	0,27	0,5	0,12
	0,2	0,7	0,4	0,1	0,6	0,3	0,32	0,11	0,38	0,27	0,5	0,12
	0,7	0,6	0,1	0,6	0,38	0,38	0,27	0,27	0,5	0,5	0,12	
	0,6	0,38	0,6	0,38	0,5	0,5	0,5	0,5	0,12	0,12		
	0,38	0,5	0,38	0,5	0,12	0,12	0,12	0,12				
	0,5	0,12	0,5	0,12								
	0,12		0,12									
Waga	2,5	2,3	2,1	1,7	1,6	1,3	1,21	1	1	0,89	0,62	0,12



operacja 1	0,2
operacja 3	0,7
czas stacji	0,9
St2	
operacja 2	0,4
operacja 4	0,1
operacja 5	0,3
operacja 6	0,11
czas stacji	0,91
St3	
operacja 8	0,6
operacja 7	0,32
czas stacji	0,92
St4	
operacja 10	0,38
operacja 9	0,27
czas stacji	0,65
St5	
operacja 11	0,5
operacja 12	0,12
czas stacji	0,62

Obliczenie wskaźników oceny metod

Efektywność linii

$$LE = \frac{\sum_{i=1}^K ST_i}{c \cdot K} \cdot 100\%$$

gdzie: K – ilość stanowisk, c – czas cyklu, ST – czas wykorzystania stanowiska,

Współczynnik gładkości

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^K (ST_{\max} - ST_i)^2}$$

gdzie: ST_{\max} – maksymalny czas wykorzystania stanowiska, ST_i – czas wykorzystania stanowiska i ,

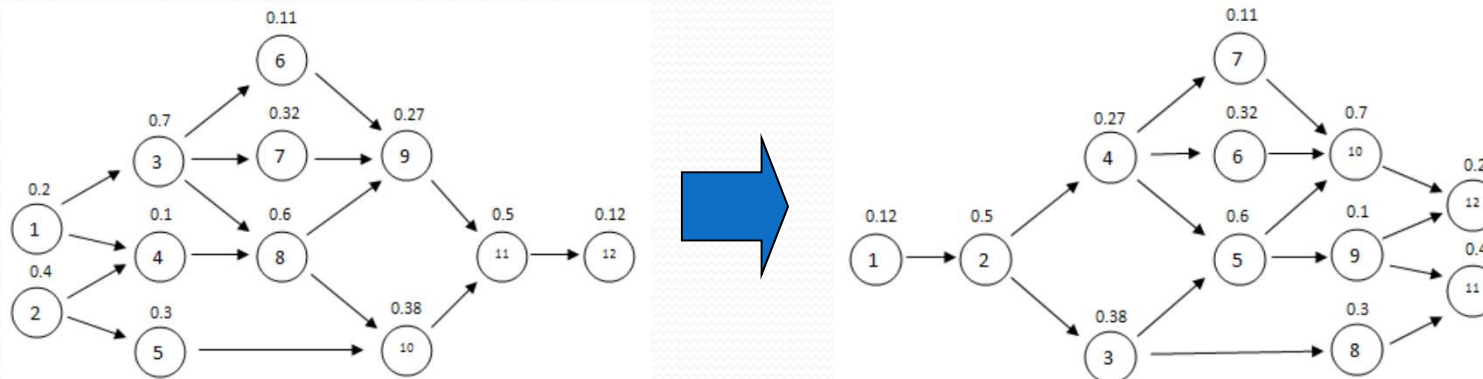
Czas linii

$$T = (K - 1) \cdot c + ST_K$$

gdzie: K – liczba stanowisk, c – czas cyklu, ST_K – czas wykorzystania ostatniego stanowiska.

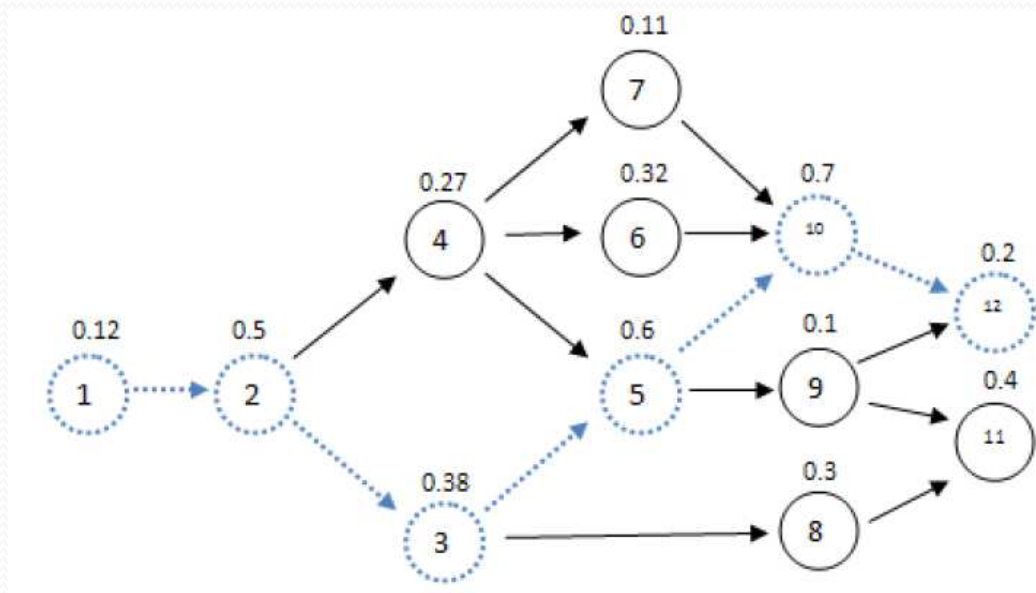
Metoda Reversed Ranked Positional Weight

Metoda ta jest bardzo podobna do omówionego wcześniej algorytmu RPW. Jedyną i zarazem najważniejszą różnicą jest odwrócenie numerów operacji (pierwsza będzie ostatnią, druga – przedostatnią, itd.)



Stary numer operacji	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Czas operacji	0.20	0.40	0.70	0.10	0.30	0.11	0.32	0.60	0.27	0.38	0.50	0.12
Nowy numer operacji	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Czas operacji	0.20	0.40	0.70	0.10	0.30	0.11	0.32	0.60	0.27	0.38	0.50	0.12

ETAP I Określanie pozycji wagowych



Numer operacji	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Waga	2.50	2.38	1.88	1.77	1.50	1.22	1.01	0.70	0.50	0.90	0.40	0.20

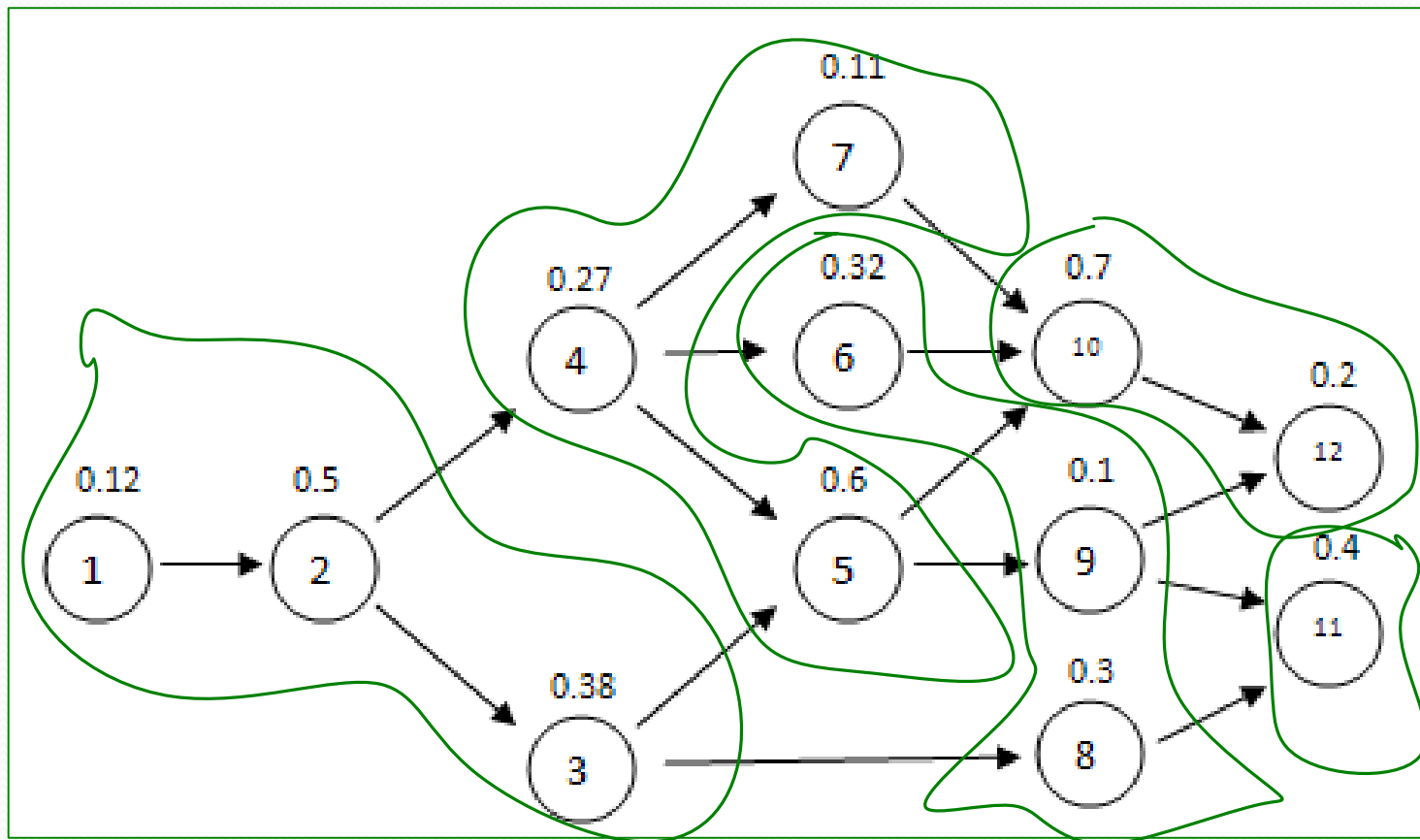
Etap II: Tworzenie uporządkowanej tabeli operacji

Kolejność	Numer czynności	Waga
1	1	2.50
2	2	2.38
3	3	1.88
4	4	1.77
5	5	1.50
6	6	1.22
7	7	1.01
8	10	0.90
9	8	0.70
10	9	0.50
11	11	0.40
12	12	0.20

Etap III Przydzielenie operacji do stacji

Numer stacji roboczej	Numer operacji	Czas operacji	Czas stacji ST_i	$c - ST_i$
1	1	0.12	1	0
1	2	0.50		
1	3	0.38		
2	4	0.27	0.98	0.02
2	5	0.60		
2	7	0.11		
3	6	0.32	0.72	0.28
3	8	0.30		
3	9	0.10		
4	10	0.70	0.90	0.10
4	12	0.20		
5	11	0.40	0.40	0.60

Wynik grupowania



Metoda Kilbridge'a i Westera (K&W)

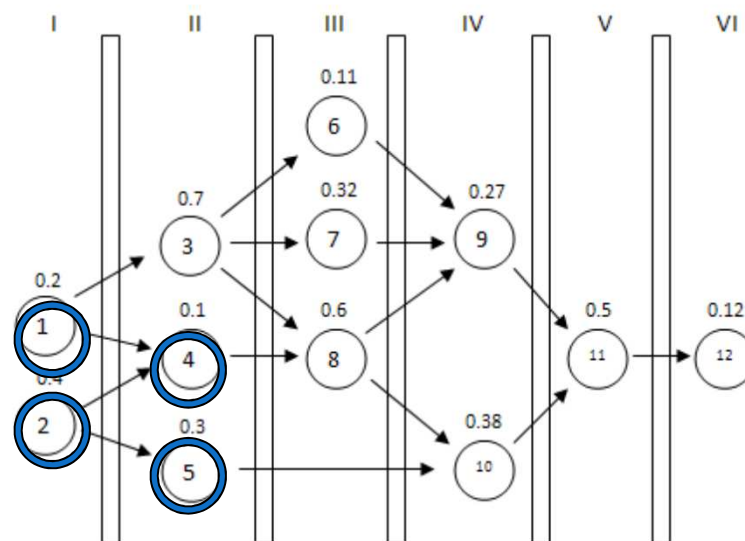
Numer przypisany każdej operacji określa liczbę poprzedników. Operacja z najmniejszą liczbą poprzedników zostaje przypisana do stacji roboczych jako pierwsza.

Etapy

- Stworzyć diagram pierwszeństwa dla operacji. Kolumna I zawiera operacje, które nie posiadają poprzedników, kolumna II to operacje, które muszą być następnikami operacji z kolumny I. Kolejne kolumny tworzone są w oparciu o ten sam schemat.
- Przypisać operacje do stacji roboczych tak, aby suma czasów elementarnych nie przekracza czasu cyklu (c),
- Usunąć przypisaną operację z wszystkich numerów operacji i powtórzyć etap 2.
- Jeśli stacje robocze przekraczają czas cyklu c z powodu włączenia pewnych operacji, to ta operacja powinna być przypisana do następnej stacji roboczej,
- Powtarzać kroki od 2 do 5 do czasu, gdy wszystkie operacje nie zostaną przypisane do stacji roboczych.

Diagram pierwszeństwa dla operacji

C=1



St1

Operacja 1 0,2

Operacja 2 0,4

Operacja 4 0,1

Operacja 5 0,3

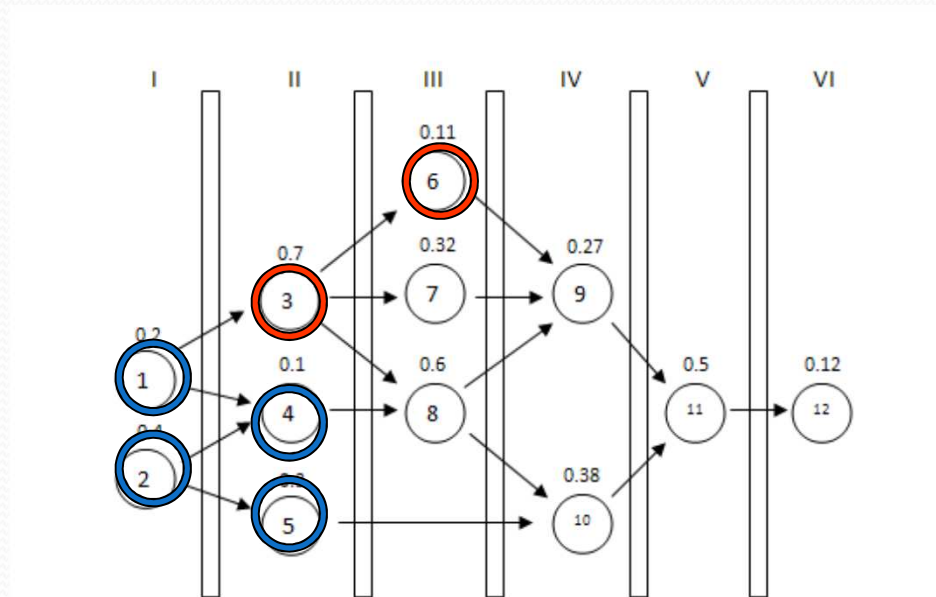
Razem 1,0

0,6	1,1	1,03	0,65	0,5	0,12
0,6	1,7	2,73	3,38	3,88	4,0

- Nie można przydzielić wszystkich zadań z poziomu 2,
- Szukamy takiego podzbioru zadań dla którego suma czasów trwania jest mniejsza lub równa $c - 0,2 + 0,4$

Grupowanie zadań

C=1



St2

Operacja 3 0,7

Operacja 6 0,11

	0,7	1,03	0,65	0,5	0,12
	0,7	1,73	2,38	2,88	3,0

Wyniki grupowania

Numer stacji roboczej	Numer czynności	Czas czynności	Czas stacji ST_i	c – ST_i
1	1	0.20	1	0
1	2	0.40		
1	4	0.10		
1	5	0.30		
2	3	0.70	0.81	0.19
2	6	0.11	0.92	0.08
3	7	0.32		
3	8	0.60		
4	9	0.27	0.65	0.35
4	10	0.38		
5	11	0.50	0.62	0.38
5	12	0.12		

Porównanie metod

- W zakładce „Dane”
- Wpisać ilość czynności (12)
- Podać czas cyklu linii (1)
- W macierzy kolejnościowej podać kolejność wykonywania czynności np. po czynności 1 następują czynności 3 i 4 więc w wierszu 1 i kolumnach 3 i 4 należy wstawić 1; wszystkie dane powinny znajdować się powyżej głównej przekątnej,
- W tabeli czas podać czasy poszczególnych operacji, które muszą być liczbami całkowitymi
- Przycisk „Nowe dane” usuwa wszystkie wprowadzone dane do wszystkich elementów programu
- Przycisk „Zatwierdź dane” sprawdza poprawność wprowadzonych danych
- W zakładce „Obliczenia i wyniki” wybrać metodę by poznać szczegółowe jej rozwiązanie; przy wybraniu metod RPW RRPW pojawia się okno z tabelą „Waga” którą należy wypełnić odpowiednimi danymi.
- W zakładce „Porównanie metod” wybieramy wskaźnik , który ma być kryterium porównawczym
- W oknach pojawi się rozwiązanie numery pod wykresami odpowiadają numerom zawartym w opisie tekstowym

Ilość operacji = 12 Czas cyklu = 100

Nowe dane

Zatwierdź dane

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Oper	Czas
1	20
2	40
3	70
4	10
5	30
6	11
7	32
8	60
9	27
10	38
11	50
12	12

Pobranie wagi

Proszę podać wagę
każdej operacji:

Waga to czas najdłuższej ścieżki
od początku danej operacji
poprzez resztę sieci.

Metoda RPW

Oper	Waga
1	250
2	210
3	230
4	170
5	130
6	100
7	121
8	160
9	89
10	100
11	62
12	12

OK

Analiza porównawcza heurystycznych obliczeń w problemie balansowania linii montażowych (BLM)

Plik Metody Pomoc Wyjście

Dane Obliczenia i wyniki | Porównanie metod

RPW

Rozwiązanie

RRPW

Kilbridge and Wester

Hoffman

IUFF - WET

IUFF - NOP

IUFF - NOIF

IUFF - NOF

IUFF - BRPW

1 operacja przypisana
3 operacja przypisana

Czas 1 stacji = 90

2 operacja przypisana
4 operacja przypisana
5 operacja przypisana
6 operacja przypisana

Czas 2 stacji = 91

8 operacja przypisana
7 operacja przypisana

Czas 3 stacji = 92

10 operacja przypisana
9 operacja przypisana

Czas 4 stacji = 65

11 operacja przypisana
12 operacja przypisana

Czas 5 stacji = 62

Miara metody RPW:

Line Efficiency - Efektywność linii:

LE = 80 %

Smoothness Index - Współczynnik gładkości:

SI = 40.4228

Line Time - Czas linii:

T = 462

Politechnika Śląska

Autor: Piotr Midura

Gliwice 2003



Wnioski poznawcze i praktyczne

- Dzięki balansowaniu linii produkcyjnej można uzyskać kilka wariantów ustawienia stanowisk w linii produkcyjnej.
- w wyniku minimalnych różnic pomiędzy wynikami z balansowania linii nie da się stwierdzić która metoda jest najlepsza
- aby uzyskać bardziej zadowalający wynik finalny należy stosować kilka metod jednocześnie, zwłaszcza w przykładach, gdzie otrzymanie wyniku dokładnego jest niemożliwe.



Pytania ?

Dziękuję za uwagę