

## Strategia Just in Time w systemach produkcyjnych - analiza struktury gniazdowej dla heurystyk FIFO i LIFO

Kierujący pracą: dr inż. Waldemar Grzechca

◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ▶ ◀ ≡ ▶ ◀ ≡ ▶ ≡ ≡ ≡ ↺ 🔍 ↻

# SPIS TRESCI

## Wstęp teoretyczny

- Systemy gniazdowe

- Strategia Just in Time

## Program kSzereg

- Opis

- Zrzuty ekranu

## Zastosowanie programu kSzereg

- Badanie zlecenia

- Zmodyfikowane zlecenie ze zmienioną marszrutą

- Zmodyfikowane zlecenie bez zmian w marszrucie

- Zmodyfikowane zlecenie z naciskiem na  $e_j$

## Wnioski

## Literatura

# SYSTEMY GNIAZDOWE



Przykład systemu gniazdowego[1]

Najczęściej wykorzystywane do pojedynczych zamówień, bądź krótkich serii. Takie systemy zwykle zmieniają swoje zastosowanie po zakończeniu każdego zlecenia. Zlecenie składa się ze skończonej liczby zadań, a każde z nich wymaga przeprowadzenia zestawu operacji na maszynach w ustalonym porządku, innym dla każdego zadania.

# STRATEGIA JUST IN TIME

Zadanie powinno być ukończone możliwie blisko swojego terminu zakończenia (due date) jak to tylko możliwe. Zbyt wczesne zakończenie zadania pociąga za sobą koszty utrzymania, takie jak magazynowania czy ubezpieczenia. Z drugiej jednak strony spóźnione zlecenie często skutkuje karami umownymi czy nadszarpnięciem reputacji przedsiębiorstwa [2].

Na potrzeby tej pracy wybrano następujące funkcje matematycznie opisujące dostosowanie uszeregowania do strategii JIT:

$$\sqrt{\sum e_j^2 + \sum l_j^2} \quad (1)$$

$$\alpha * \sum e_j + \beta * \sum l_j \quad (2)$$

- $e_j$     przedwczesność j-tego zadania,  
 $l_j$     spóźnienie j-tego zadania,  
 $\alpha, \beta$     wagi przedwczesności i spóźnienia.

# PROGRAM kSZEREG



Program kSzereg został napisany w C++ na potrzeby tej pracy dyplomowej. Umożliwia on przeprowadzenie szeregowania zadań w systemie wytwarzania gniazdowego na podstawie heurystyki *First In First Out* (FIFO) bądź *Last In First Out* (LIFO).

Wprowadzanie danych odbywa się za pośrednictwem graficznego interface'u opartego o framework Qt[3].

Kod źródłowy programu kSzereg jest publicznie dostępny na zasadach licencji GNU GPL[4] w serwisie bitbucket[5].

# HEURYSTYKI

Aktualnie program kSzereg umożliwia szeregowanie w oparciu o następujące heurystyki:

- ▶ *FIFO* - Pierwsze jest przetwarzane zadanie, które wpłynęło najwcześniej[6].
- ▶ *LIFO* - Pierwsze jest przetwarzane zadanie, które wpłynęło najpóźniej[6].

Został on jednak tak zaprojektowany, aby umożliwić łatwą rozbudowę o kolejne heurystyki.

---

```
1 switch (method)
2 {
3   case 0: // fifo
4       start(kolejka.first());
5       kolejka.removeFirst();
6       break;
7   case 1: // lifo
8       start(kolejka.last());
9       kolejka.removeLast();
10      break;
11 }
```

---

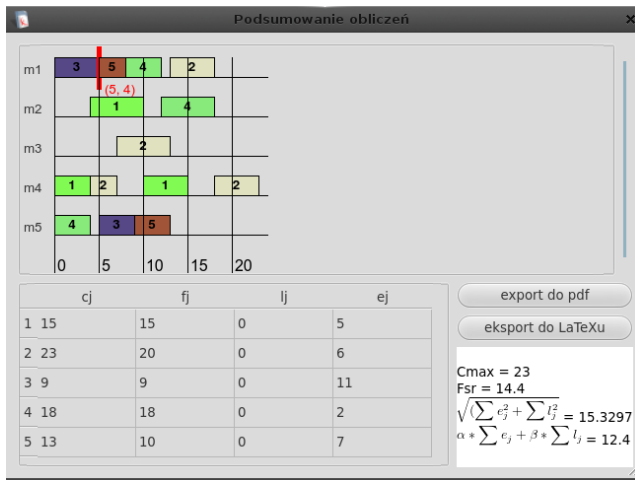
# GŁÓWNE OKNO

**kSzereg**

Ilość maszyn:  Długość marszruty:  Dodaj zlecenie Dane: Import Export  $\beta$ :   $\alpha$ :  Metoda: FIFO LIFO Rozwiąż

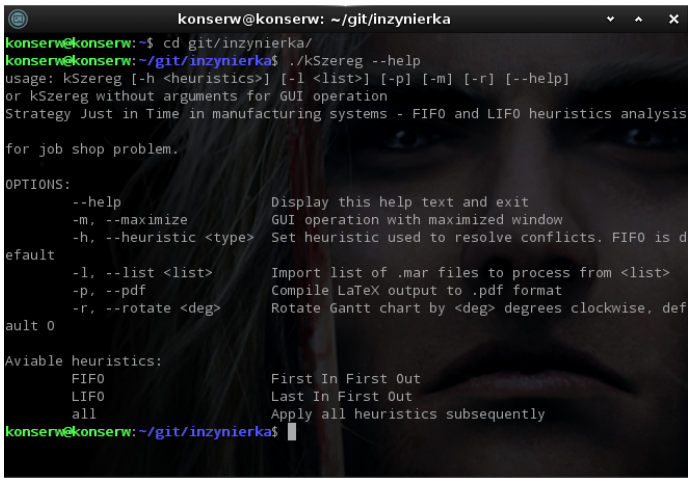
Nazwa zlecenia	Czas rozpoczęcia	Czas zakończenia	1	2	3
1 Czarne pionki	0	20	Maszyna Czas m4 4	Maszyna Czas m2 6	Maszyna Czas m4 5
2 Plansza	3	29	Maszyna Czas m4 3	Maszyna Czas m3 6	Maszyna Czas m1 5
3 Białe pionki	0	20	Maszyna Czas m1 5	Maszyna Czas m5 4	Maszyna Czas m1 0
4 Opakowanie	0	20	Maszyna Czas m5 4	Maszyna Czas m1 4	Maszyna Czas m2 6
5 Instrukcja	3	20	Maszyna Czas m1 3	Maszyna Czas m5 4	Maszyna Czas m1 0

# OKNO ROZWIĄZANIA





# LINIA POLECEŃ



```
konserw@konserw: ~/git/inzynierka
konserw@konserw:~$ cd git/inzynierka/
konserw@konserw:~/git/inzynierka$ ./kSzereg --help
usage: kSzereg [-h <heuristics>] [-l <list>] [-p] [-m] [-r] [--help]
or kSzereg without arguments for GUI operation
Strategy Just in Time in manufacturing systems - FIFO and LIFO heuristics analysis
for job shop problem.

OPTIONS:
  --help                Display this help text and exit
  -m, --maximize        GUI operation with maximized window
  -h, --heuristic <type> Set heuristic used to resolve conflicts. FIFO is default
  -l, --list <list>     Import list of .mar files to process from <list>
  -p, --pdf             Compile LaTeX output to .pdf format
  -r, --rotate <deg>    Rotate Gantt chart by <deg> degrees clockwise, default 0

Available heuristics:
  FIFO                First In First Out
  LIFO                Last In First Out
  all                 Apply all heuristics subsequently
konserw@konserw:~/git/inzynierka$
```

# BADANIE ZLECENIA

## Struktura zlecenia

$j$	$r_j$	$d_j$	Marszruta technologiczna
1	10	55	m4 (8) - m7 (6) - m9 (7) - m8 (3) - m1 (6)
2	0	45	m5 (4) - m4 (8) - m2 (6) - m8 (6) - m9 (7)
3	5	50	m8 (7) - m2 (7) - m7 (7) - m3 (5) - m1 (4)
4	0	40	m5 (10) - m9 (5) - m4 (6) - m1 (6) - m6 (2)
5	5	45	m1 (4) - m5 (10) - m9 (7) - m4 (7) - m2 (5)
6	0	40	m8 (6) - m6 (7) - m9 (6) - m2 (6) - m6 (12)
7	5	45	m4 (8) - m2 (6) - m3 (7) - m7 (8) - m6 (3)

# WYZNACZNIKI JAKOŚCI USZERELOWAŃ

## Heurystyka FIFO

$$\begin{array}{lll}
 C_{max} = 55 & T_{max} = 10 & \sqrt{\sum e_j^2 + \sum l_j^2} = 19.799 \\
 \bar{F} = 42.4286 & \bar{T} = 3.28571 & \alpha * \sum e_j + \beta * \sum l_j \Big|_{\substack{\alpha=0.2 \\ \beta=0.8}} = 22.6
 \end{array}$$

## Heurystyka LIFO

$$\begin{array}{lll}
 C_{max} = 54 & T_{max} = 9 & \sqrt{\sum e_j^2 + \sum l_j^2} = 17.5499 \\
 \bar{F} = 44.4286 & \bar{T} = 3.85714 & \alpha * \sum e_j + \beta * \sum l_j \Big|_{\substack{\alpha=0.2 \\ \beta=0.8}} = 23.8
 \end{array}$$

# ZMODYFIKOWANE ZLECENIE ZE ZMIENIONĄ MARSZRUTĄ

## Struktura zlecenia

j	$r_j$	$d_j$	Marszruta technologiczna
1	10	55	m4 (8) - m7 (6) - m9 (7) - m8 (3) - m1 (6)
2	0	45	m5 (4) - m4 (8) - m2 (6) - m8 (6) - m9 (7)
3	5	50	m8 (7) - m2 (7) - m7 (7) - m3 (5) - m1 (4)
4	0	40	m5 (10) - m9 (5) - m4 (6) - m1 (6) - m5 (4)
5	5	45	m1 (4) - m5 (10) - m9 (7) - m4 (7) - m2 (5)
6	0	40	m8 (6) - m6 (7) - m9 (6) - m2 (6) - m6 (12)
7	0	45	m4 (8) - m2 (6) - m3 (7) - m7 (8) - m6 (3)

## Wyznaczniki jakości uszeregowania LIFO

$$C_{max} = 51 \quad T_{max} = 6 \quad \sqrt{\sum e_j^2 + \sum l_j^2} = 14.4222$$

$$\bar{F} = 40.2857 \quad \bar{T} = 0.857143 \quad \alpha * \sum e_j + \beta * \sum l_j \Big|_{\substack{\alpha=0.2 \\ \beta=0.8}} = 9.6$$

# ZMODYFIKOWANE ZLECENIE BEZ ZMIAN W MARSZRUCIE

## Struktura zlecenia

j	$r_j$	$d_j$	Marszruta technologiczna
1	10	55	m4 (8) - m7 (6) - m9 (7) - m8 (3) - m1 (6)
2	0	45	m5 (4) - m4 (8) - m2 (6) - m8 (6) - m9 (7)
3	5	50	m8 (7) - m2 (7) - m7 (7) - m3 (5) - m1 (4)
4	0	40	m5 (10) - m9 (5) - m4 (6) - m1 (6) - m6 (2)
5	5	45	m1 (4) - m5 (10) - m9 (7) - m4 (7) - m2 (5)
6	0	40	m8 (6) - m6 (7) - m9 (6) - m2 (6) - m6 (12)
7	0	45	m4 (8) - m2 (6) - m3 (7) - m7 (8) - m6 (3)

## Wyznaczniki jakości uszeregowania LIFO

$$C_{max} = 62 \quad T_{max} = 17 \quad \sqrt{\sum e_j^2 + \sum l_j^2} = 23.2379$$

$$\bar{F} = 42.7143 \quad \bar{T} = 4.85714 \quad \alpha * \sum e_j + \beta * \sum l_j \Big|_{\substack{\alpha=0.2 \\ \beta=0.8}} = 30.4$$

# ZMODYFIKOWANE ZLECENIE Z NACISKIEM NA $e_j$

## Struktura zlecenia

j	$r_j$	$d_j$	Marszruta technologiczna
1	14	55	m4 (8) - m7 (6) - m9 (7) - m8 (3) - m1 (6)
2	3	45	m5 (4) - m4 (8) - m2 (6) - m8 (6) - m9 (7)
3	12	50	m8 (7) - m2 (7) - m7 (7) - m3 (5) - m1 (4)
4	0	40	m5 (10) - m9 (5) - m4 (6) - m1 (6) - m6 (2)
5	5	45	m1 (4) - m5 (10) - m9 (7) - m4 (7) - m2 (5)
6	0	40	m8 (6) - m6 (7) - m9 (6) - m2 (6) - m6 (12)
7	5	45	m4 (8) - m2 (6) - m3 (7) - m7 (8) - m6 (3)

## Wyznaczniki jakości uszeregowania FIFO

$$C_{max} = 58 \quad T_{max} = 7 \quad \sqrt{\sum e_j^2 + \sum l_j^2} = 15.3948$$

$$\bar{F} = 43.2857 \quad \bar{T} = 2.85714 \quad \alpha * \sum e_j + \beta * \sum l_j \Big|_{\substack{\alpha=0.2 \\ \beta=0.8}} = 19.4$$

# WNIOSKI

## Porównanie wyznaczników jakości uszeregowania

zlecenie	$C_{max}$	$\bar{F}$	$T_{max}$	$\bar{T}$	funkcja (1)	funkcja (2)
1 FIFO	55	42,4286	10	3,28571	19,7999	22,6
1 LIFO	54	44,4286	9	3,85714	17,5499	23,8
2 LIFO	51	40,2857	6	0,857143	14,4222	9,6
3 LIFO	51	41,7143	6	1,42857	13,7113	11,6
4 FIFO	54	42,8571	9	3,71429	13,5277	22,2

# LITERATURA



*Strona internetowa firmy Swissturn*, Źródło: <http://www.swissturn.com>  
[dostęp: 21.01.2013]



Rodolfo Pereira Araujo, André Gustavo dos Santos, José Elias Cláudio Arroyo, *Genetic Algorithm and Local Search for Just-in-Time Job-Shop Scheduling*, 2009 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC 2009)



*Strona internetowa projektu Qt*, Źródło: <http://qt.digia.com/> [dostęp: 21.01.2013]



*Strona internetowa projektu GNU*, Źródło: <http://www.gnu.org/licenses/>  
[dostęp: 21.01.2013]



*Repozytorium programu kSzereg*, Źródło:  
<https://bitbucket.org/konserw/kszereg> [dostęp: 21.01.2013]



M. G. C. Resende, *Shop Floor Scheduling of Semiconductor Wafer Manufacturing*, PhD thesis Department of Industrial Engineering and Operations Research, University of California, Berkeley, 1987