

# Problem optymalnego transportu dźwigarów w systemie Just in Time

Izabela Biczysko, Krzysztof Piecuch

Instytut Informatyki Uniwersytetu Wrocławskiego

Wrocław, 3 grudnia 2012

# Agenda

- 1 Wstęp
- 2 Problem optymalnego transportu dźwigarów
- 3 Transport z najwcześniejszymi i najpóźniejszymi terminami dostaw
- 4 Pojęcia i twierdzenia
- 5 Algorytm Konstrukcyjny
- 6 Wpływ ograniczeń na złożoność czasową
- 7 Algorytm Ewolucyjny

# Motywacja

- Firma zajmująca się przebudową sieci transportowej chce zoptymalizować proces transportu dźwigarów na plac budowy
- Proces montażu dźwigarów jest ściśle powiązany z innymi pracami budowlanymi
- Przekroczenie terminu zamontowania dźwigaru wiąże się z dodatkowymi kosztami
- Nie ma możliwości składowanie dźwigarów na placu budowy
- Bezpośrednio z dźwigarów pojazdy są umieszczane na podporach
- Transport dźwigarów odbywa się w systemie Just in Time (JIT)

# Zadania

Znane są okna czasowe tzn. najwcześniejsze i najpóźniejsze terminy dostawy poszczególnych dźwigarów. Należy znaleźć takie terminy dostawy poszczególnych dźwigarów na plac budowy aby zminimalizować koszty związane z przekroczeniem okien czasowych.

# Ograniczenia

- ① dźwigary należy dostarczyć zgodnie z kolejnością montażu (porządkiem technologicznym)
- ② jednocześnie pojazd może przewozić tylko jeden dźwigarów
- ③ po załadunku dźwigar może być zdjęty jedynie bezpośrednio przed montażem

# Transport dźwigarów w systemie JIT

## └ Problem optymalnego transportu dźwigarów

### └ Ograniczenia

#### Ograniczenia

- 1) dźwigary należy dostarczyć zgodnie z kolejnością montażu (porządkiem technologicznym)
- 2) jednocześnie pojazd może przewozić tylko jeden dźwigarów
- 3) po załadunku dźwigar może być zdjęty jedynie bezpośrednio przed montażem

1. dźwigary należy dostarczyć zgodnie z kolejnością montażu (porządkiem technologicznym) - ten punkt jest bez sensu, zinterpretujmy go tak, że mamy okna czasowe i to one wyznaczają kolejność
2. OK
3. Ewentualnie może być przetrzymywany na pojeździe

# Model matematyczny

Zbiór dźwigarów

$$\mathbf{B} = B_1, B_2, B_3, \dots, B_m$$

Dla dowolnego dźwigara  $B_i \in \mathbf{B}$  wprowadzamy oznaczenia

- $z_i$  - czas załadunku
- $t_i$  - czas transportu na plac budowy
- $r_i$  - czas rozładunku na placu budowy
- $p_i$  - czas powrotu
- $e_i$  - żądany najwcześniejszy termin przywozu
- $d_i$  - żądany najpóźniejszy termin przywozu
- $v_i$  - współczynnik funkcji kary za zbyt wczesne przybycie
- $w_i$  - współczynnik funkcji kary za zbyt późne przybycie

# Model matematyczny

## Założenia

Niech:

- kolejność transportu dźwigarów to  $(B_1, B_2, \dots, B_m)$
- załadunek pierwszego dźwigara rozpocznie się w chwili 0
- $S_i$  oznacza termin dostarczenia dźwigara  $B_i$  na plac budowy



# Model matematyczny

Terminy  $S_1, S_2, \dots, S_n$  muszą spełniać następujące ograniczenia

- załadunek pierwszego dźwigara  $B_i$  rozpoczyna się w chwili 0

$$S_1 \geq z_1 + t_1 \quad (1)$$

- dźwigary należy dostarczyć zgodnie z kolejnością montażu

$$S_{i+1} \geq S_i, i = 1, 2, \dots, m - 1 \quad (2)$$

## Transport dźwigarów w systemie JIT

- Transport z najwcześniejszymi i najpóźniejszymi terminami dostaw
  - Model matematyczny

## Model matematyczny

Terminy  $S_1, S_2, \dots, S_m$  muszą spełniać następujące ograniczenia

o załadunek pierwszego dźwigara  $B_1$  rozpoczyna się w chwili 0

$$S_1 \geq x_1 + t_1 \quad (1)$$

o dźwigary należy dostarczyć zgodnie z kolejnością montażu

$$S_{i+1} \geq S_i, i = 1, 2, \dots, m-1 \quad (2)$$

1. Na ewolucyjne trzeba to wyrzucić i trzeba wymyśleć co zrobimy z ograniczeniami na PO
2. dźwigary należy dostarczyć zgodnie z kolejnością montażu - bez sensu

# Model matematyczny

Terminy  $S_1, S_2, \dots, S_n$  muszą spełniać następujące ograniczenia

- jednocześnie pojazd może przewozić tylko jeden dźwigar

$$\begin{aligned} \forall B_i, B_j \in \mathbf{B}, S_i - r_i - t_i - z_i &\geq S_j - r_j - t_j - z_j \\ \forall S_j - r_j - t_j - z_j &\geq S_i - r_i - t_i - z_i \end{aligned} \quad (3)$$

- po załadunku dźwigar może być zdjęty jedynie bezpośrednio przed montażem

$$S_{i+1} \geq S_i + r_i + p_i + z_{i+1} + t_{i+1}, i = 1, 2, \dots, m - 1 \quad (4)$$

## Transport dźwigarów w systemie JIT

- Transport z najwcześniejszymi i najpóźniejszymi terminami dostaw
  - Model matematyczny

## Model matematyczny

Terminy  $S_1, S_2, \dots, S_m$  muszą spełniać następujące ograniczenia

o jednocześnie pojazd może przewozić tylko jeden dźwigar

$$\forall B_i, B_j \in \mathbf{B}: S_i - t_i - z_i - z_j \geq S_j - t_j - z_j \quad (3)$$

$$\forall S_j - t_j - z_j - z_j \geq S_i - t_i - z_i$$

o po załadunku dźwigar może być zdjęty jedynie bezpośrednio przed montażem

$$S_{i+1} \geq S_i + t_i + p_i + z_{i+1} + t_{i+1}, i = 1, 2, \dots, m-1 \quad (4)$$

1. jednocześnie pojazd może przewozić tylko jeden dźwigar - nie rozumiem równania

# Zadanie

Problem transportu dźwigarów sprowadza się więc do wyznaczenia terminów dostaw  $S_1, S_2, \dots, S_n$  spełniających ograniczenia (1) - (4), które optymalizują pewne przyjęte kryterium optymalizacyjne

# Transport dokładnie na czas jednym pojazdem

- dźwigary są transportowane na plac przez dokładnie jeden pojazd

- $E_i = \max(0, e_i - S_i)$

- $T_i = \max(0, S_i - d_i)$

Kryterium optymalizacyjne

$$F(S) = \sum_{i=1}^n (u_i E_i + w_i T_i) \quad (5)$$

# Pojęcia i twierdzenia

## Theorem

*Istnieje optymalne rozwiązanie w którym dla każdego dźwigara i czynności  $z_i, t_i, r_i, p_i$  są wykonywane pod rząd bez okresów bezczynności*

## Uwaga

Wobec twierdzenia 1, niech  $j_i = z_i, t_i, r_i, p_i$  będzie praca związaną z dostarczeniem i-tego dźwigara.

# Pojęcia i twierdzenia

## Definition

Podciąg  $u, u + 1, \dots, v$  ciągu  $\mathbf{S} = S_1, S_2, \dots, S_n$  nazwiemy **blokiem**, jeżeli zadania  $j_u, j_{u+1}, j_v$  są wykonywane pad rząd bez czasu bezczynności, natomiast jest czas bezczynności przed zadaniem  $u$  i po zadaniu  $v$ .



# Pojęcia i twierdzenia

- ① Posortować dźwigary zgodnie z najpóźniejszy terminem przywozu
- ② Znaleźć podział na bloki dla zadanej kolejności
- ③ Znaleźć optymalny czas dostawy dla każdego dźwigara

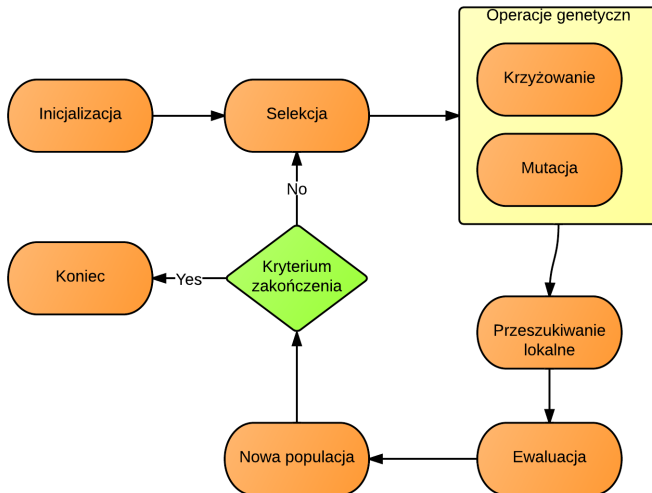
# Podział na bloki

# Znajdowanie optymalnego czasu

# Wpływ ograniczeń na złożoność czasową

????????????????

# Schemat algorytmu



# Inicjalizacja