

Problem optymalnego transportu dźwigarów w systemie Just in Time

Izabela Biczysko, Krzysztof Piecuch

Instytut Informatyki Uniwersytetu Wrocławskiego

Wrocław, 4 grudnia 2012

Agenda

- 1 Wstęp
- 2 Problem optymalnego transportu dźwigarów
- 3 Transport z najwcześniejszymi i najpóźniejszymi terminami dostaw
- 4 Pojęcia i twierdzenia
- 5 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 dźwigar
- ③ po załadunku dźwigar może być zdjęty jedynie bezpośrednio przed montażem

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

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

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

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

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

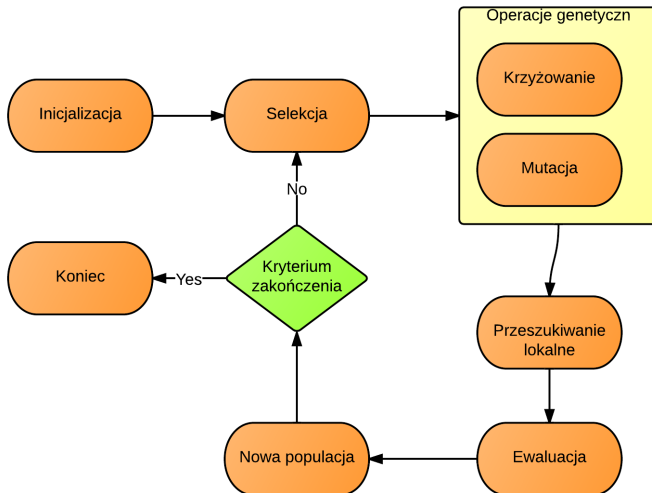
Wobec twierdzenia 1, niech $j_i = z_i, t_i, r_i, p_i$ będzie praca związaną z dostarczeniem i-tego dźwigara.

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 .

Schemat algorytmu



Inicjalizacja

Opcja 1: losowe permutacje

Opcja 2: dźwigary posortowane według czasu początkowego, czasu końcowego, średniej z tych czasów plus losowe osobniki

Opcja 3: dźwigary posortowane według czasu początkowego, czasu końcowego, średniej z tych czasów i mutacje tych osobników

Selekcja

- osobniki są losowo łączone w pary i dla każdej pary przeprowadzana jest mutacja

Krzyżowanie - Uniform order based crossover

Rodzic 1:	1	2	3	4	5	6	7	8
Rodzic 2:	6	8	1	2	4	3	7	5
Wektor Binarny	1	0	1	1	1	0	0	1

Krzyżowanie - Uniform order based crossover

Wybieramy numery genów zgodnie z wektorem binarnym

Rodzic 1:	1	2	3	4	5	6	7	8
Wektor Binarny	1	0	1	1	1	0	0	1
Dziecko 1:	-	2	-	-	-	6	7	-

Rodzic 2:	6	8	1	2	4	3	7	5
Wektor Binarny	1	0	1	1	1	0	0	1
Dziecko 2:	6	-	1	2	4	-	-	5

Krzyżowanie - Uniform order based crossover

Z rodzica 1 usuwamy wszystkie geny które są w dziecku 2 a z rodzica 2 wszystkie geny które są w dziecku 1

Rodzic 1: 1 2 3 4 5 6 7 8

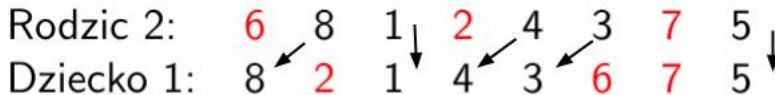
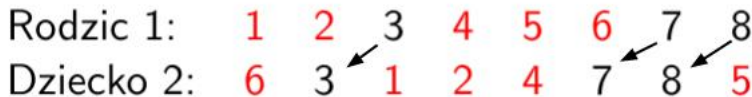
Dziecko 2: 6 - 1 2 4 - - 5

Rodzic 2: 6 8 1 2 4 3 7 5

Dziecko 1: - 2 - - - 6 7 -

Krzyżowanie - Uniform order based crossover

Nieusunięte geny z rodziców przepisujemy do dzieci nie zmieniając ich kolejności



Mutacja

Dla każdego osobnika z niewielkim prawdopodobieństwem θ_1 zamieniamy dwa losowe geny.

Poszukiwanie lokalne

Dla najlepszego osobnika uruchamiamy heurystykę bazującą na algorytmie NEH

Heurystyka NEH

- ① Z danego osobnika weź pierwsze dwa geny i znajdź dla nich kolejność minimalizującą funkcję celu
- ② Dla osobnika o długości od 3 do N wykonuj następującą operację:
 - Wstaw k -ty gen w taki sposób pomiędzy $k-1$ genów aby zminimalizować funkcję celu dla osobnika o k genach

Ewaluacja

- Znajdź podział na bloki dla zadanej kolejności dźwigarów
- Znajdź optymalne czasy dostawy dźwigarów dla zadanej kolejności
- Funkcją celu jest wartość kary za nieterminowe dostarczenie dźwigarów

Tworzenie nowej populacji

Z sumy populacji N rodziców i N dzieci stwórz populację składającą się z N najlepszych osobników

Warunek zakończenia algorytmu

Jeżeli przez D populacji nie nastąpi polepszenie funkcji celu zakończ działanie algorytmu