

Analiza kinematyki i dynamiki oraz optymalizacja płaskich układów wielocłonowych

Paweł Maciąg

Mechanika i Budowa Maszyn
Komputerowe Wspomaganie Projektowania Inżynierskiego
Rok akademicki 2016/2017

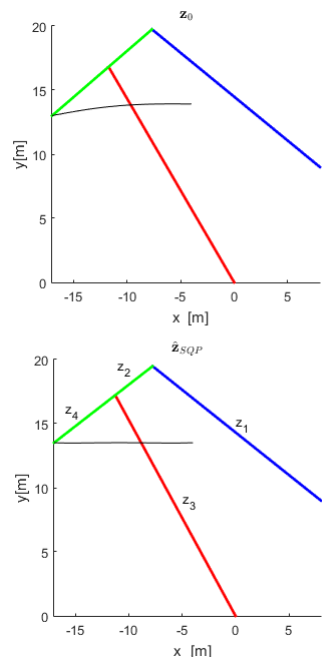
Promotor: dr inż. Paweł Malczyk

1. Wprowadzenie

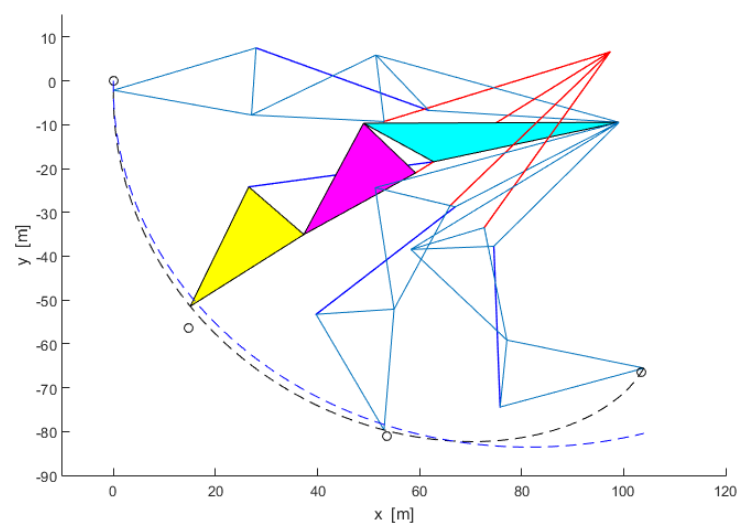
Zadanie syntezy wymiarowej mechanizmu realizującego zadaną trajektorię z wykorzystaniem metod optymalizacyjnych może zostać przedstawione następująco:

$$\min_{z \in Z} f(z, q) = \min_{z \in Z} \left[\max_{\alpha} f^*(z, q) \right]. \quad (1)$$

Powyższa forma funkcji celu umożliwia obliczenie gradientu względem zmiennych decyzyjnych, co pozwala na efektywne znalezienie rozwiązania. Rozwiązane zostały w ten sposób dwa zadania syntezy wymiarowej: optymalizacja trajektorii ruchu żurawia portowego oraz sześcioboku przegubowego realizującego ruch wykonywany przez ludzki palec. Poniżej przedstawione zostały rysunki obrazujące wynik optymalizacji.



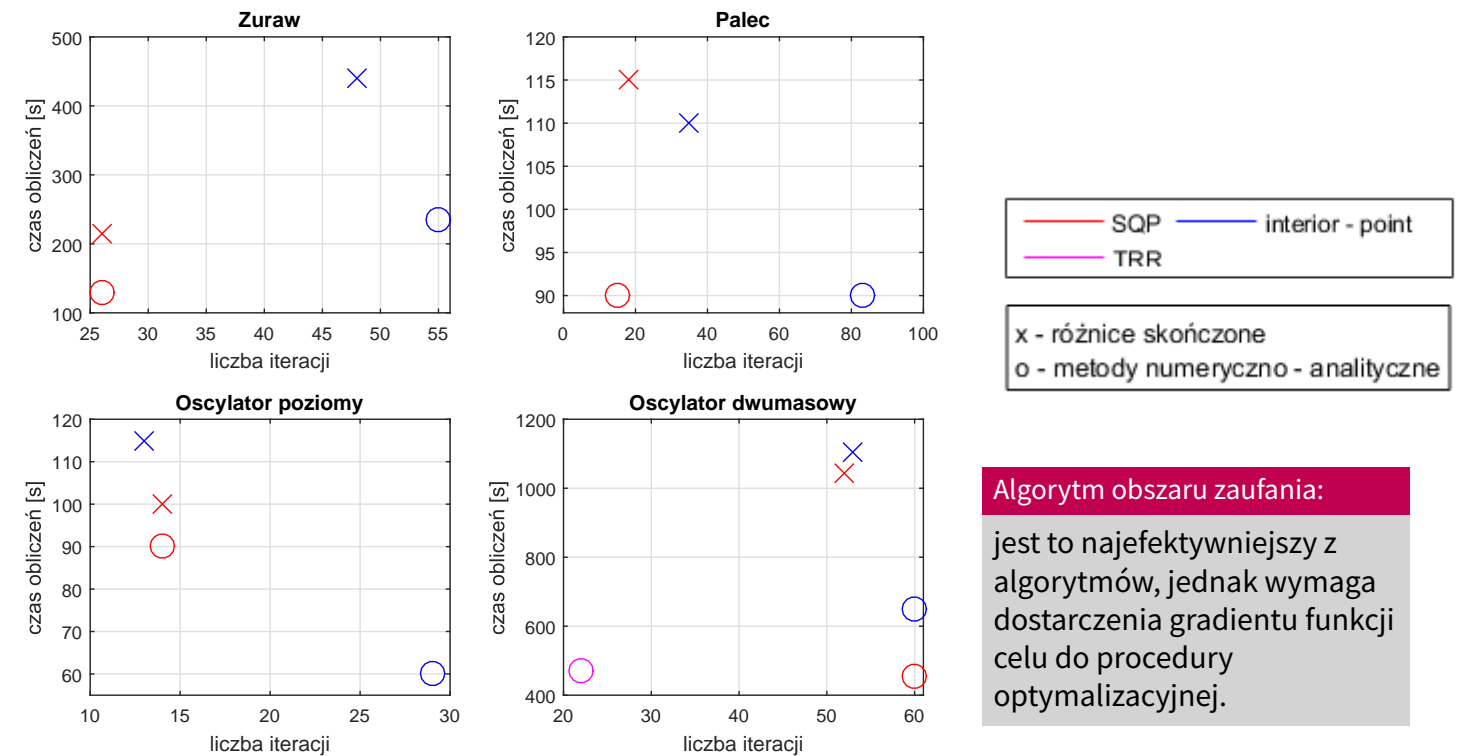
Rysunek: Schemat oraz trajektoria ruchu żurawia dla przybliżenia początkowego oraz rozwiązania optymalnego.



Rysunek: Schemat oraz trajektoria ruchu mechanizmu dla rozwiązania optymalnego. Na niebiesko zaznaczona została trajektoria ruchu dla przybliżenia początkowego.

2. Porównanie metod obliczania gradientu

Istnieje wiele sposobów na obliczenie gradientu funkcji celu. Domyślną metodą narzędzia optymalizacyjnego programu Matlab jest metoda różnic skończonych. Została ona wykorzystana do zweryfikowania oraz porównania wyników uzyskanych przez metody analityczno - numeryczne. Efektywność procesu optymalizacyjnego można ocenić poprzez porównanie dwóch wartości: liczby iteracji jakie musi wykonać algorytm oraz czas jaki jest niezbędny do znalezienia rozwiązania optymalnego. Poniższy rysunek przedstawia powyższe parametry dla różnych algorytmów optymalizacyjnych: sekwencyjnych aproksymacji kwadratowych (SQP), punktu wewnętrznego oraz obszaru zaufania (TRR). Przedstawione wykresy odnoszą się do czterech rozwiązanych zagadnień optymalizacji: dwa z nich przedstawione zostały obok, dwa kolejne dotyczą optymalizacji dynamicznej układów wielocłonowych.



Rysunek: Porównanie metod różnic skończonych oraz numeryczno - analitycznych wyznaczania gradientu funkcji celu.

3. Wnioski

- Analiza wrażliwości funkcji celu na zmianę wartości zmiennych decyzyjnych pozwala na efektywne znalezienie rozwiązania problemu optymalizacji.
- Dostarczenie gradientu do algorytmu optymalizacyjnego może zwiększyć liczbę iteracji, jednak generalnie skraca czas trwania obliczeń.
- Zadania optymalizacji można sklasyfikować w różny sposób. Ma to wpływ na proces oraz złożoność obliczania gradientu funkcji celu:
 - w zadaniach syntezy wymiarowej możliwe jest wprowadzenie dodatkowej zmiennej decyzyjnej oraz odpowiedniego ograniczenia,
 - w przypadku optymalizacji dynamicznej konieczne jest zastosowanie bardziej złożonego aparatu matematycznego, uwzględniającego równania dynamiki ruchu układu wielocłonowego wewnątrz modelu optymalizacji.

Algorytm obszaru zaufania:

jest to najefektywniejszy z algorytmów, jednak wymaga dostarczenia gradientu funkcji celu do procedury optymalizacyjnej.