



# **ANALIZA MODALNA OPARTA NA WIDMIE SYGNAŁU Z WYKORZYSTANIEM OPTYMALIZACJI WIELOMIA ROJAMI CZĄSTEK**

Marek Galewski  
Adrian Orzechowski



# ANALIZA MODALNA

$$y(t) = \sum_{m=1}^{nm} Y_{0m} e^{-2\pi f_m \zeta_m t} \sin \left( 2\pi f_m \sqrt{1 - \zeta_m^2} t \right)$$

$$= \sum_{m=1}^{nm} Y_{0m} e^{-\beta_m t} \sin \left( \omega_m \sqrt{1 - \left( \frac{\beta_m}{\omega_m} \right)^2} t \right)$$

$y$  - sygnał drgań swobodnych,

$m$  - numer moda,

$nm$  - liczba modów,

$Y_{0m}$  - początkowa amplituda moda nr  $m$ ,

$\zeta_m$  - bezwymiarowy współczynnik tłumienia moda nr  $m$ ,

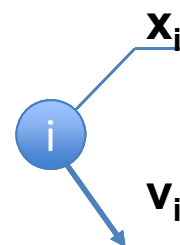
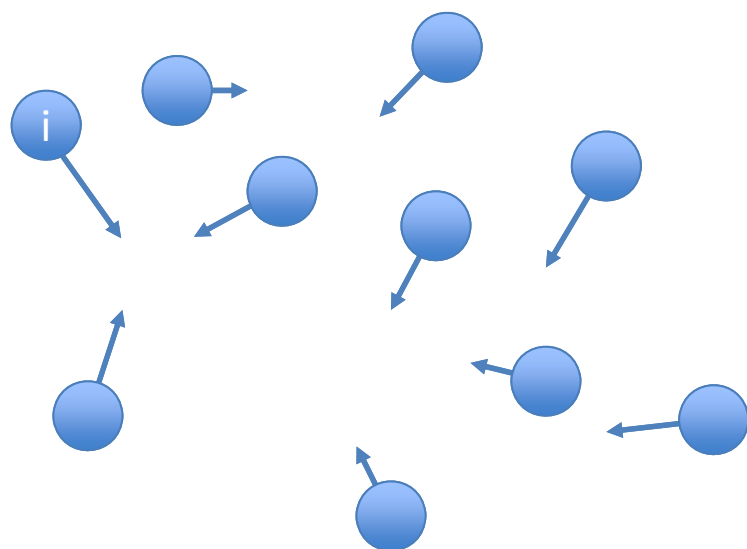
$f_m$  - częstotliwość naturalna moda nr  $m$ ,

$t$  - czas,

$\omega_m = 2\pi f_m$  - pulsacja moda nr  $m$ ,

$\beta_m = \omega_m \zeta_m$  - współczynnik tłumienia moda nr  $m$ .

# OPTYMALIZACJA ROJEM CZĄSTEK

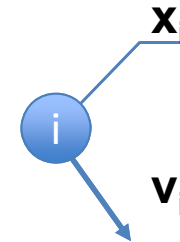


Lokalizacja cząstki w przestrzeni rozwiązań

Prędkość cząstki (zmiana lokalizacji w kolejnej epoce)



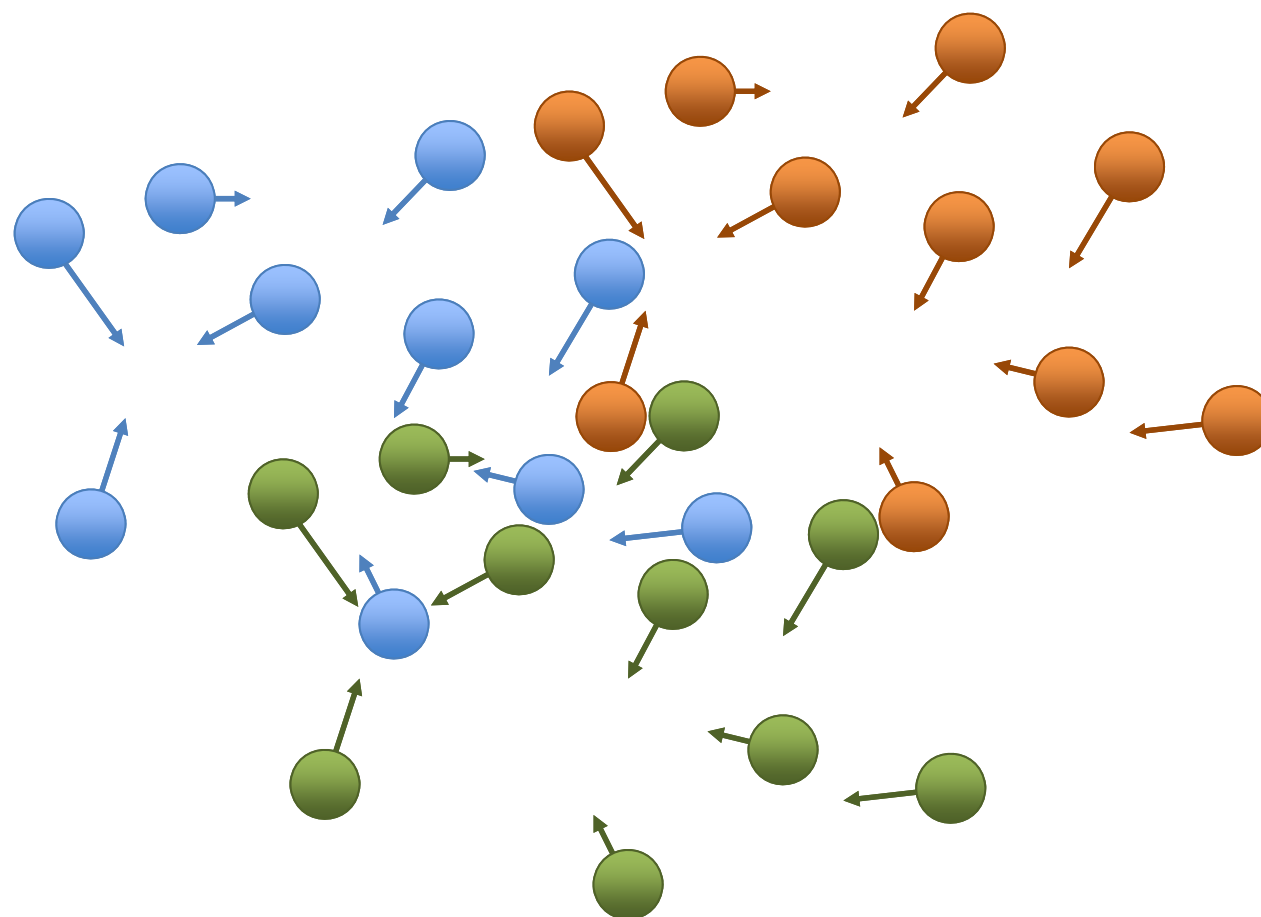
$$v_{i,d} = \omega v_{i,d} + \varphi_p r_{p,d} (p_{i,d} - x_{i,d}) + \varphi_g r_{g,d} (g_d - x_{i,d})$$



- $i$  - numer porządkowy cząstki
- $d$  - aktualizowana składowa prędkości
- $\rightarrow, \varphi_p, \varphi_g$  - arbitralne wielkości określające udział poszczególnych składowych prędkości
- $r_p, r_g$  - wielkości losowe  $\langle 0, 1 \rangle$  zgodne z rozkładem jednostajnym
- $p_{i,d}$  - najlepsza dotychczasowa pozycja cząstki
- $g_d$  - najlepsza globalna pozycja



# PROPONOWANY ALGORYTM

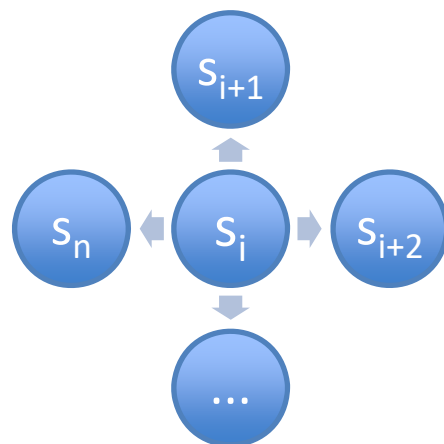


wiele rojów  
podział

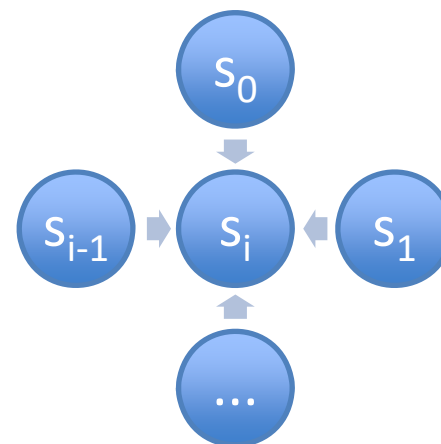


# PROPONOWANY ALGORYTM

podział rang  
komunikacja między rojami



wysyłający



odbierający

Rój  
'centralny'  
jako



# PROPONOWANY ALGORYTM

funkcja przydatności

$$fit(x_i)_j = \begin{cases} \sum_{n=0}^{n_{fFFT}-1} \frac{(FFT_t(n) - FFT_{x_{i,j}}(n))^4}{A_{max}} P(n, i, j), & \text{for } j > 0 \\ \sum_{n=0}^{n_{fFFT}-1} \frac{(FFT_t(n) - FFT_{x_{i,j}}(n))^4}{A_{max}}, & \text{for } j = 0 \end{cases}$$

$FFT_t$

- widmo amplitudy FFT zmierzonego sygnału,

$FFT_{x_{i,j}}$

- widmo amplitudy FFT sygnału wygenerowanego dla cząsteczki  $i$  o randze  $j$ ,

$A_{max}$

- maksymalna amplituda w  $FFT_{x_{i,j}}$

$P$

- funkcja dodatkowej kary.



# PROPONOWANY ALGORYTM

mechanizm dodatkowej kary

$$P(n, i, j) = \begin{cases} \sum_{k=0}^j \left( 1 + \frac{n-n_{KL}}{n_K-n_{KL}} \right) \left| \frac{FFT_{x_{i,0}}(n)}{A_{max}} FFT_{x_{i,j}}(n) \right|, n \in (n_{KL}, n_K) > \\ \sum_{k=0}^j \left( 1 + \frac{n_{KR}-n}{n_{KR}-n_K} \right) \left| \frac{FFT_{x_{i,0}}(n)}{A_{max}} FFT_{x_{i,j}}(n) \right|, n \in (n_K, n_{KR}) \end{cases}$$

$n_{FFT}$

- liczba próbek FFT,

$n_K$

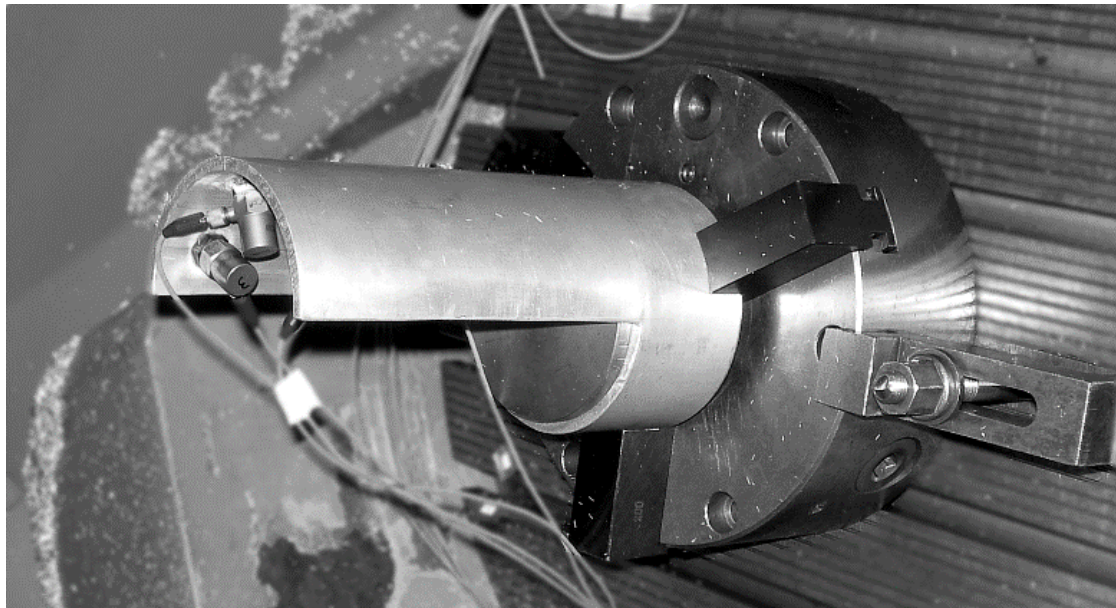
- częstotliwość znaleziona przez rój o randze  $k$ ,

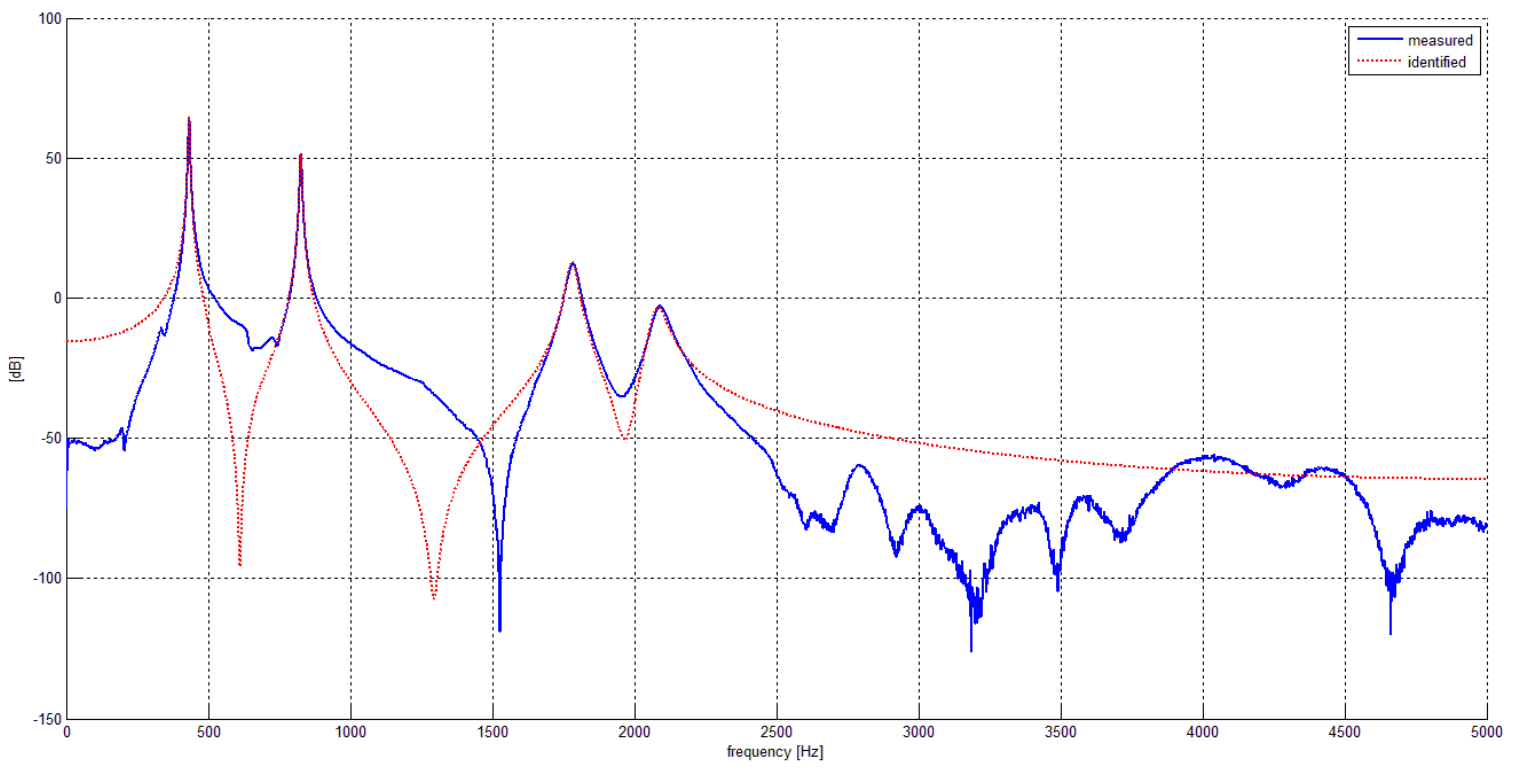
$n_{KL}, n_{KR}$

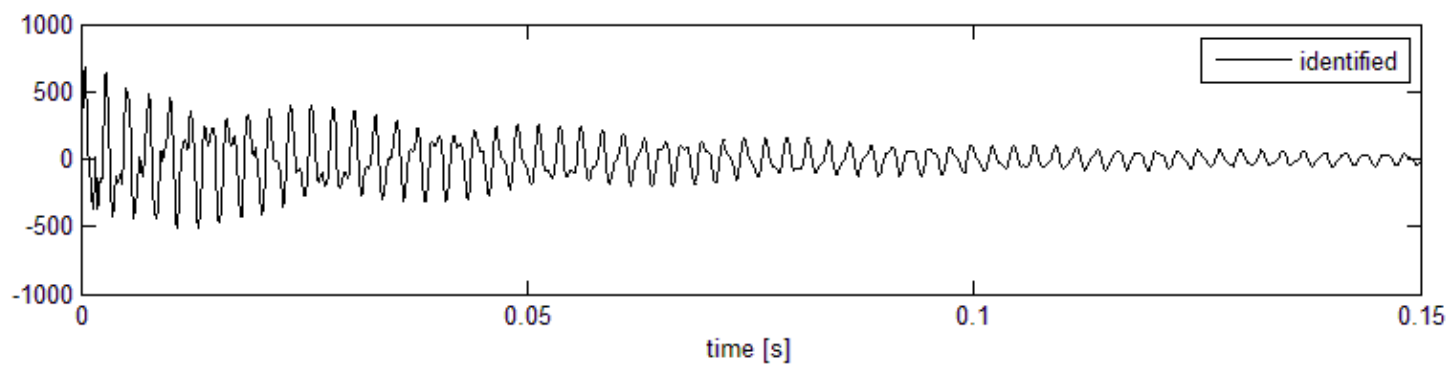
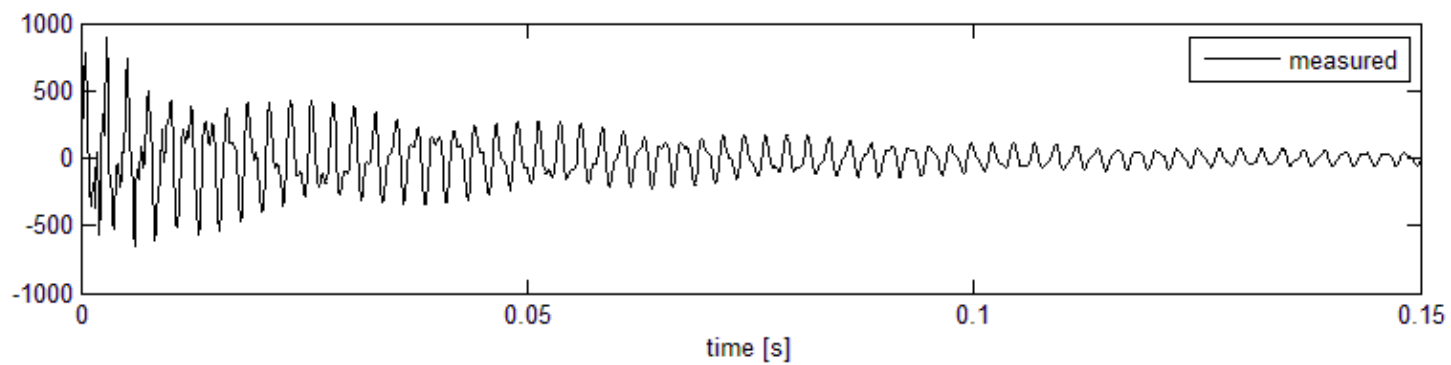
- najbliższe częstotliwości  $n_K$  lewe/prawe minimum lokalne uzyskane na podstawie wygładzonego widma  $FFT_i(n)$  z użyciem filtra Gaussa, obtained from.



# PRZYKŁAD UŻYCIA







Mod m	1	2	3	4
$Y_{0m}$ [m/s <sup>2</sup> ]				
<i>-Identified</i>	406.66335	281.8995	225.5973	156.1845
$f_m$ [Hz]				
-ERA	431.586	827.210	1785.460	2091.090
-pLSCF-d	432.550	826.820	1785.820	2087.390
-LSCE	433.268	828.368	1783.930	2087.660
<i>-Identified</i>	432.728	827.051	1783.417	2078.901
$\xi_m$				
-ERA	0.01590290	0.00405383	0.0128091	0.0171588
-pLSCF-d	0.00508105	0.00395397	0.0121051	0.0158959
-LSCE	0.00442277	0.00373500	0.0113763	0.0154250
<i>Identified</i>	0.00557894	0.00402026	0.0104244	0.0145210

Badania zostały sfinansowane przez Polskie Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, projekt PANGO1/266350/NCBR/2015: "Zastosowanie wybranych rozwiązań mechatronicznych do nadzorowania procesu skrawania przedmiotów wielkogabarytowych na wieloosiowych centrach obróbkowych"



Dane pomiarowe dla rzeczywistego przykładu zostały zgromadzone w ramach projektu badawczego wspieranego przez Polskie Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, nr grantu: 5T07C03725

Dane referencyjne dla rzeczywistego przykładu zostały przygotowane dzięki uprzejmości dr. inż. Michała Mazura, Politechnika Gdańska