



# STATYSTYCZNA ISTOTNOŚĆ GLOBALNEGO TRENDU W ZMIANACH POZIOMU OCEANU OBSERWOWANYCH ZA POMOCA SATELITÓW ALTIMETRYCZNYCH TOPEX/POSEIDON I JASON-1

Tomasz Niedzielski <sup>a,b</sup>, Wiesław Kosek <sup>a</sup>

<sup>a</sup> *Centrum Badań Kosmicznych PAN, ul. Bartycka 18A, 00-716 Warszawa;  
niedzielski@cbk.waw.pl (T. Niedzielski), kosek@cbk.waw.pl (W. Kosek)*

<sup>b</sup> *Zakład Geomorfologii, Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego,  
Uniwersytet Wrocławski, pl. Uniwersytecki 1, 50-137 Wrocław*

Powrót

Pełny ekran

Zamknij

Wyjście

# 1. Cel badań

- Propozycja techniki estymowania minimalnej liczby globalnych średnich danych altimetrycznych SLA (*sea level anomalies*), która jest wystarczająca do wyznaczenia statystycznie istotnego trendu w zmianach poziomu mórz i oceanów.
- Szacowanie prawdopodobieństwa wykrycia trendu.
- Poszukiwanie statystycznie istotnego przyspieszenia w zmianach poziomu oceanów.

[Powrót](#)[Pełny ekran](#)

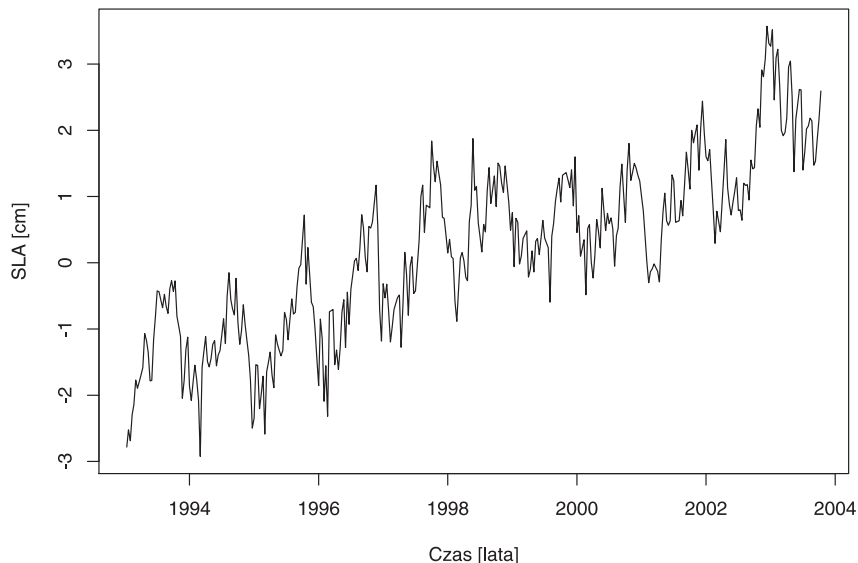
# 2. Trendy

- 1 – 2 mm/rok; wodowskazy; ostatnie 50-100 lat; najczęściej przyjmowano  $1,8 \pm 0,1$  mm/rok.
- 1,46 mm/rok; altimetria satelitarna TOPEX/Poseidon (cykle 10-309).
- $2,8 \pm 0,4$  mm/rok; altimetria satelitarna TOPEX/Poseidon + Jason-1.

[Zamknij](#)[Wyjście](#)

### 3. Dane (a)

- Globalne średnie SLA (*sea level anomalies*)
  - Altimetria satelitarna TOPEX/Poseidon (T/P) i Jason-1 (J-1).
  - Okres czasu: 10.01.1993 - 14.07.2003.
  - Czasowa rozdzielczość danych: 1 cykl = 9,9140625 dnia.



Powrót

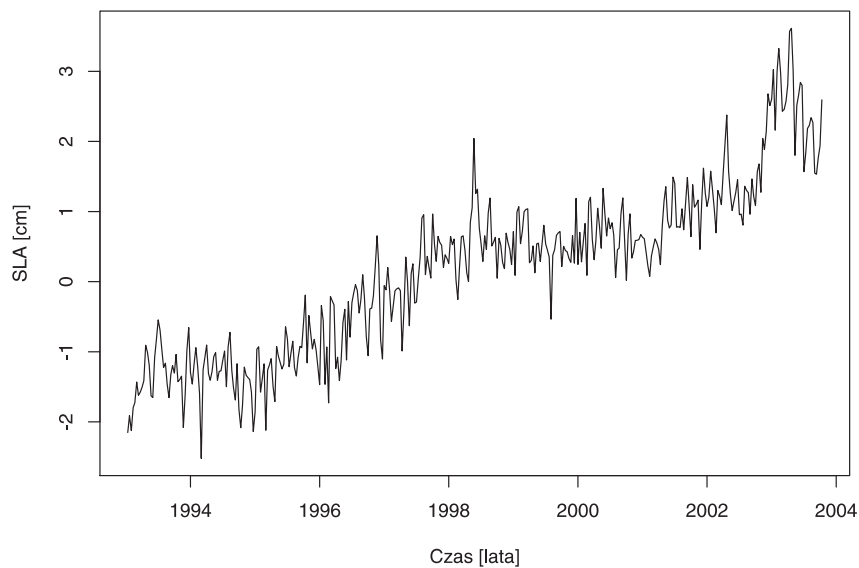
Pełny ekran

Zamknij

Wyjście

### 3. Dane (b)

- Globalne średnie SLA bez sezonowości
  - dane SLA po usunięciu modeli najmniejszych kwadratów dla oscylacji rocznej i półrocznej.



Powrót

Pełny ekran

Zamknij

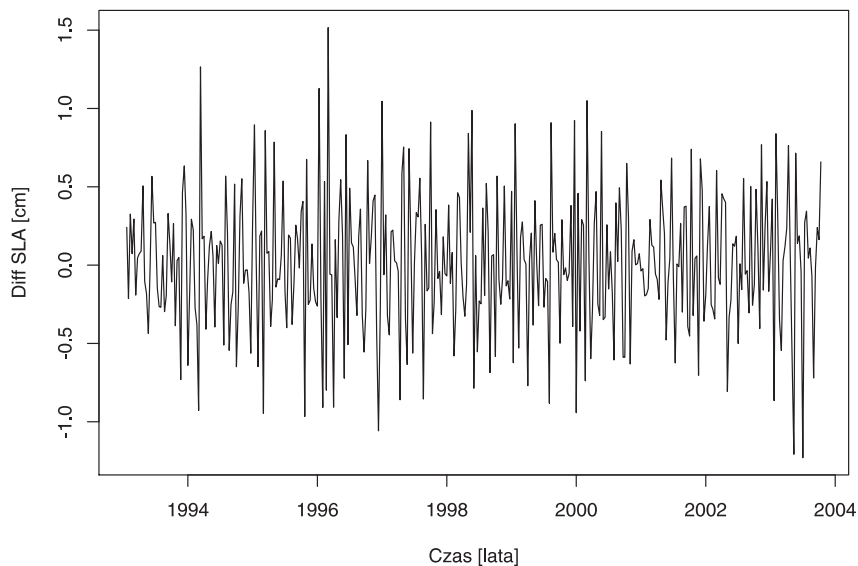
Wyjście

### 3. Dane (c)

- Zróżnicowane globalne średnie SLA (prędkość zmian).
  - Operator różnicowy o opóźnieniu 1 dany jest wzorem

$$\nabla X_t = X_t - X_{t-1} = (1 - B)X_t, \quad (1)$$

gdzie  $BX_t = X_{t-1}$ .



Powrót

Pełny ekran

Zamknij

Wyjście

## 4. Metody (a)

- Test statystyczny Coxa-Stuarta
  - Hipoteza zerowa: **dane nie zawierają składowej trendu.**
  - Hipoteza alternatywna: **szereg czasowy zawiera rosnący trend.**
  - Podział zbioru danych  $x = (x_1, \dots, x_N)$

\* Dla  $N$  parzystych

$$x^{(1)} = (x_1, \dots, x_{N/2}), x^{(2)} = (x_{(N/2)+1}, \dots, x_N).$$

\* Dla  $N$  nieparzystych

$$x^{(1)} = (x_1, \dots, x_{(N-1)/2}), x^{(2)} = (x_{((N-1)/2)+2}, \dots, x_N).$$

## 4. Metody (b)

- Test statystyczny Coxa-Stuartha c.d.

- Porównanie zbiorów  $x^{(1)}$  i  $x^{(2)}$

$$X_i = \begin{cases} 1 & \text{jeżeli } x^{(1)}(i) < x^{(2)}(i), \\ 0 & \text{jeżeli } x^{(1)}(i) > x^{(2)}(i). \end{cases} \quad (2)$$

- Statystyka testowa

$$T = \sum_{i=1}^n X_i. \quad (3)$$

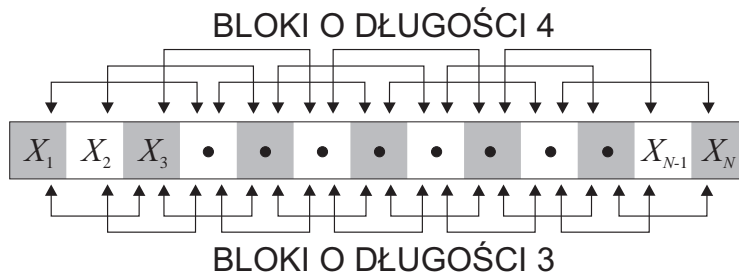
- Rozkład statystyki testowej -  $b(n, p)$ , gdzie  $p$  jest prawdopodobieństwem sukcesu

$$P(T = k) = \binom{n}{k} p^k (1 - p)^{n-k}. \quad (4)$$

- Rozkład statystyki testowej przy hipotezie zerowej to  $b(n, 0, 5)$ .

# 4. Metody (c)

- Procedura krokowa
  - Definiujemy blok danych o długości  $t$ .
  - Przesuwamy blok o jeden krok do przodu, zmieniając epokę początkową.



- Do podszeregów czasowych stosujemy test Coxa-Stuarta.

## 4. Metody (d)

- Procedura krokowa c.d.

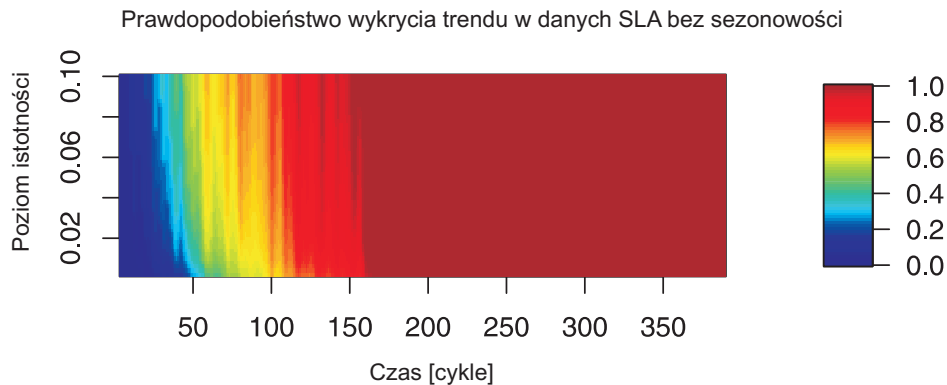
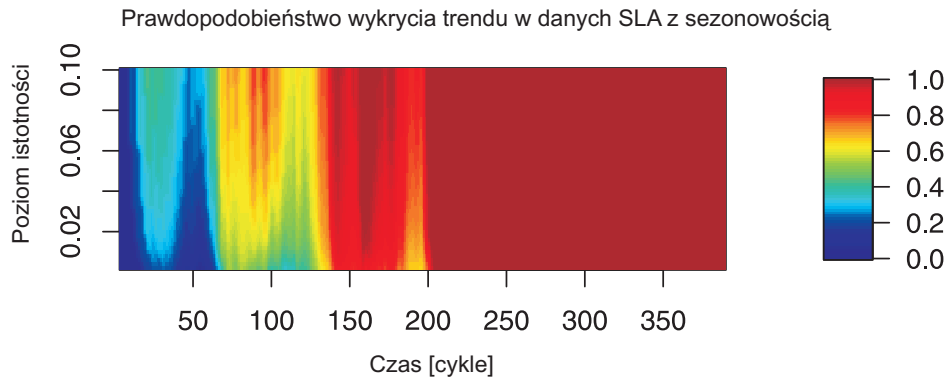
–  $\forall t, \forall s_x \in S = \{0,002, 0,004, \dots, 0,1\}$  obliczamy prawdopodobieństwo odrzucenia hipotezy zerowej

$$p_{s_x} = \frac{\#\{i : p(i) < s_x\}}{N - t + 1}, \quad (5)$$

gdzie  $p(i)$  jest  $p$ -wartością testu Coxa-Stuarta dla  $i$ -tego położenia bloku spośród  $N - t + 1$  możliwych.

– Przy każdej iteracji za  $t$  podstawiamy  $t + 1$ .

# 5. Wyniki (a) - estymatory czasu



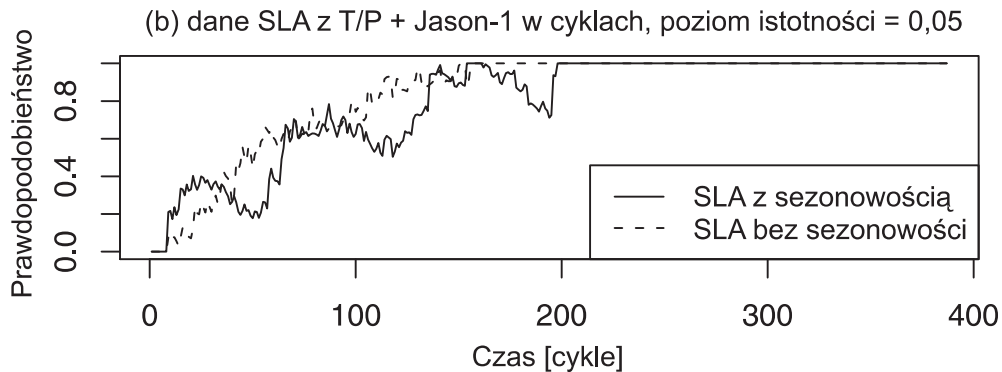
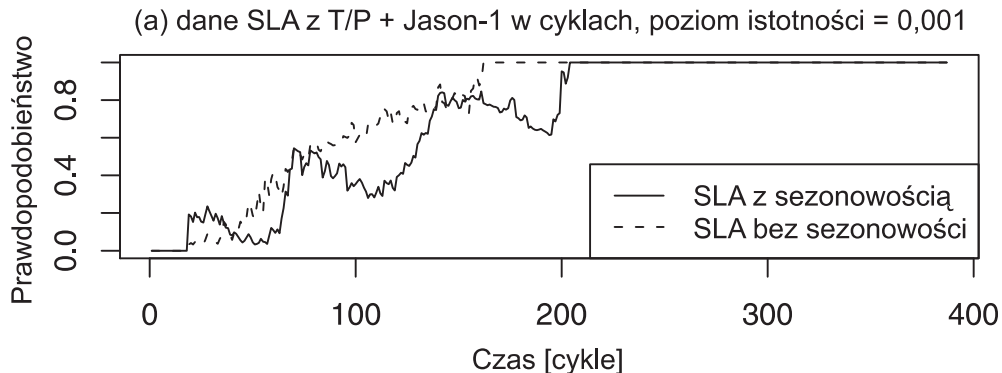
Powrót

Pełny ekran

Zamknij

Wyjście

# 5. Wyniki (b) - estymatory czasu



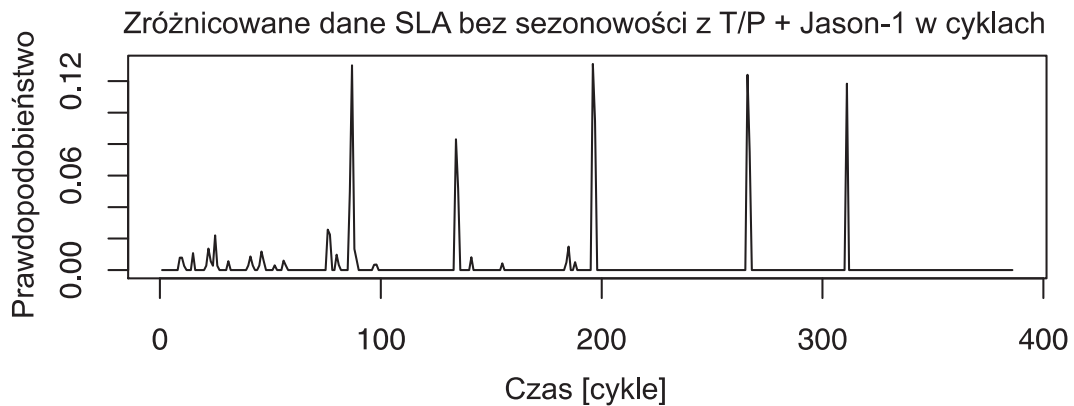
Powrót

Pełny ekran

Zamknij

Wyjście

# 5. Wyniki (c) - przyspieszenie



Powrót

Pełny ekran

Zamknij

Wyjście

## 6. Wnioski

- Statystycznie istotny trend w zmianach poziomu oceanów może być wykryty z prawdopodobieństwem bliskim 1, dla małych poziomów istotności po:
  - 203 cyklach (około 5,5 roku) – dla danych ze składowymi sezonowymi;
  - 160 cyklach (około 4,3 roku) – dla danych bez składowych sezonowych.
- Badany szereg czasowy zmian SLA jest jednak zbyt krótki do wykrycia istotnego przyspieszenia w zmianach poziomu oceanu.

[Powrót](#)[Pełny ekran](#)[Zamknij](#)

## Podziękowania

Dane pochodzą z zasobów *Center for Space Research, University of Texas at Austin, USA*.

[Wyjście](#)



*Dziękuję za uwagę*

Powrót

Pełny ekran

Zamknij

Wyjście