	<b>AKADEMIA GÓRNICZO – HUTNICZA</b> <b>KRAKÓW</b>	Tomasz Kąkol
<b>Zastosowanie modeli o elementach skupionych do symulacji przepływów</b>		
Modelowanie procesów fizycznych		
Data wykonania ćwiczenia: 23.04.2018	Data złożenia sprawozdania: .05.2018	Ocena:

## Wprowadzenie

Celem laboratorium było obliczenie średniego czasu przebywania wody w modelowanym obiekcie. Obiekt stanowi górną część zlewni Dunaju. Znacznikiem stosowanym w modelowaniu jest tryt ( $^3\text{H}$ ). Wybrano tę rzekę ze względu na długi okres, w którym mierzono i zbierano dane o stężeniu trytu w wodzie. Rzeczywiste pomiary zostały wykorzystane do porównania z wynikami symulacji i obliczeniami korelacji. Użyliśmy dwóch metod - modelowania odwrotnego i metody prób i błędów.

## Algorytm

W modelach pudełkowych obiekt modelujący jest traktowany jako tzw. "Czarna skrzynka". Informacje o charakterystyce obiektu są często uzyskiwane z eksperymentów znacznikowych, pozwalających obliczyć odpowiedź systemu na funkcję wymuszenia impulsowego. Stężenie trytu w danym czasie (mierzone w miesiącach) oblicza się za pomocą równania:

$$C(t) = \int_{-\infty}^t C_{in}(t')g(t-t')\exp[-\lambda(t-t')]dt'$$

gdzie:

- $C(t)$  – odpowiedź obiektu
- $C_{in}(t)$  – wymuszenie
- $g(t)$  – odpowiedź na wymuszenie impulsowe (tzw. funkcja przejścia)
- $\lambda$  – stała rozpadu znacznika
- $t$  – zmienna czasowa
- $t'$  – parametr całkowania

W przypadku obiektów takich jak zbiorniki wód podziemnych, zlewnie rzek i inne systemy hydrologiczne istnieje niewiele popularnych funkcji rozkładu czasu transportu:

1. Model tłokowy
2. Model eksponentialny
3. Model dyspersyjny

W wykonanym laboratorium zastosowałem model eksponentialny, który wyraża się za pomocą następującego wzoru:

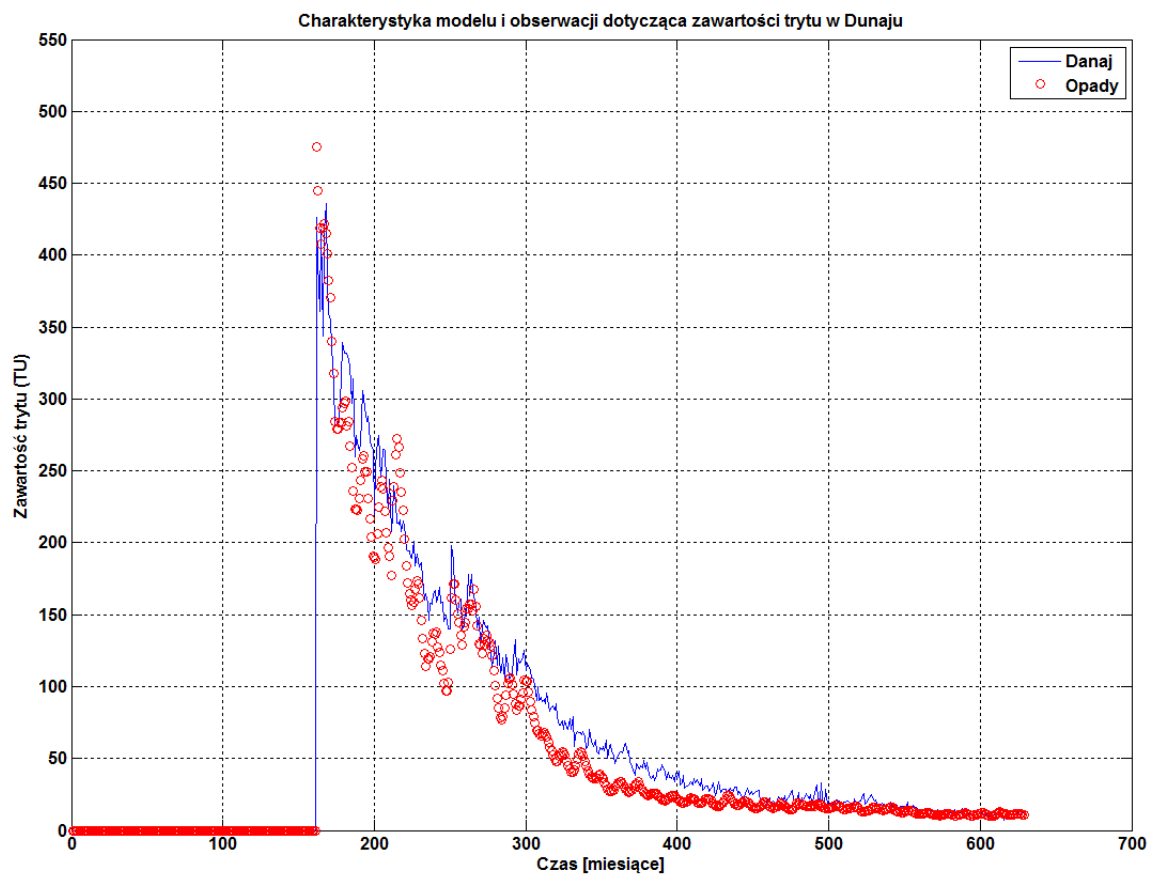
$$g(t - t') = t_t^{-1} \exp(-(t - t')/t_t)$$

Celem było znalezienie wartości zmiennej  $t_t$  (średni czas przebywania). W pierwszej kolejności zastosowano metodę prób i błędów, w której manualnie wyznaczono wartość parametru, a następnie zastosowano automatyczną optymalizację.

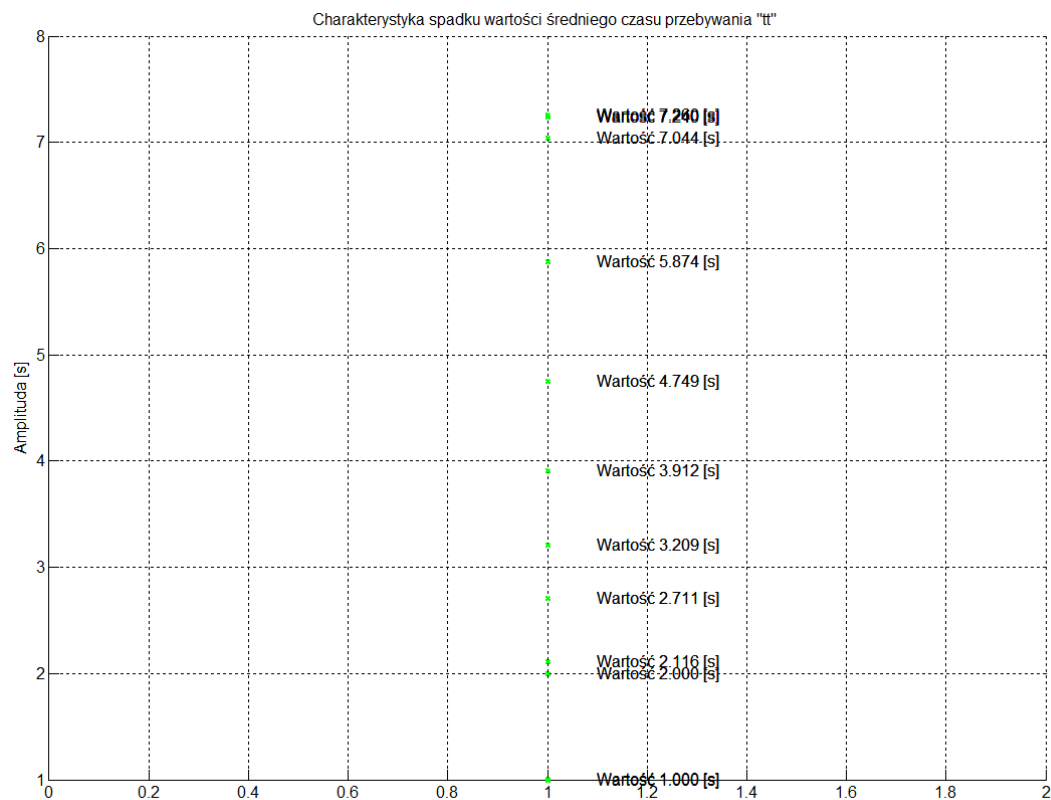
## Rozwiązanie

Implementacja modelu została wykonana w programie Matlab. Zaimplementowano algorytm i porównano wyniki z rzeczywistymi danymi. W pierwszej kolejności starałem się odgadnąć wartość poszukiwanego parametru. Po kilku próbach wybrałem wartość 7. W następnym kroku została wdrażona automatyczna optymalizacja. Zastosowałem funkcję  $f_{\text{minunc}}$ , która poszukuje optymalnej wartości w oparciu o błąd obliczeniowy. Jako błąd wyznaczono sumę kwadratów różnic od rzeczywistych danych. Otrzymano następujący wynik:

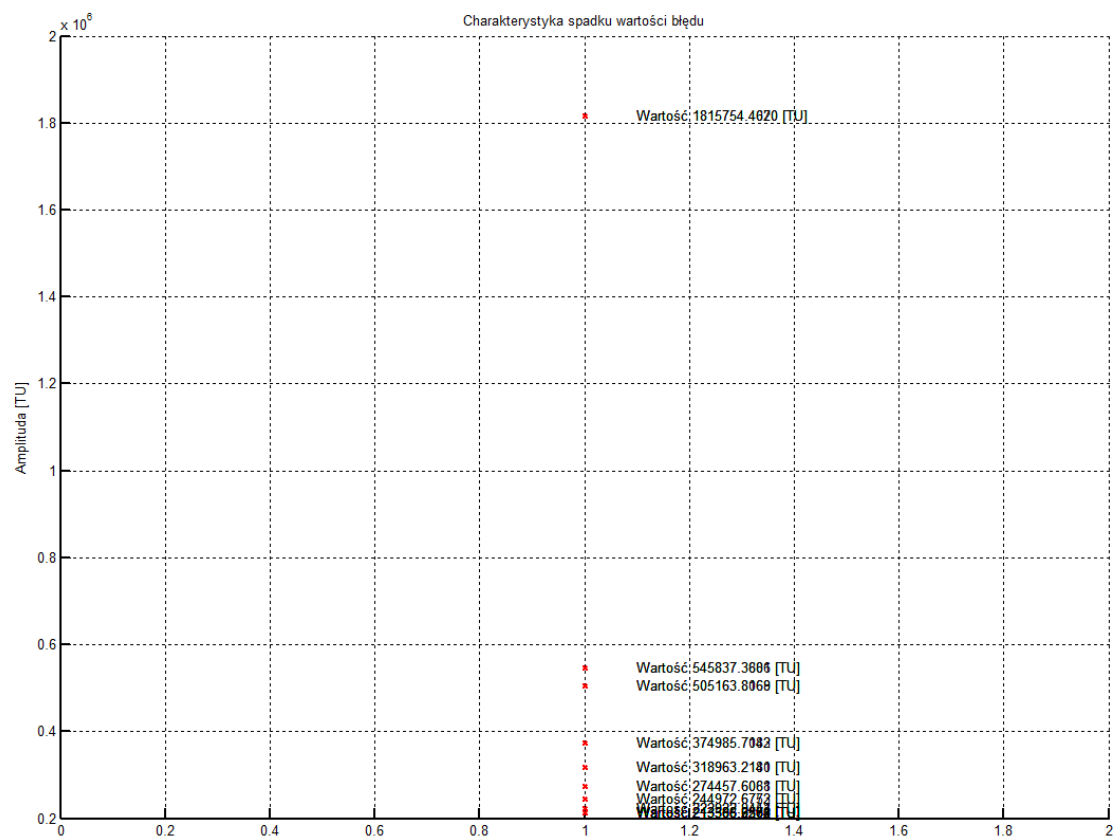
- $t_t = 7,2401$  [s]
- błąd =  $2,1339e + 05$  [TU]



Rys.1. Charakterystyka danych rzeczywistych i wyników symulacji.



Rys.2. Charakterystyka (1-wymiarowa) zmiany wartości parametru  $t_t$ .



Rys.3. Charakterystyka (1-wymiarowa) zmiany wartości błędu.

## Podsumowanie

Wyniki modelu są bardzo podobne do rzeczywistych danych. Model pudełkowy, w którym znamy tylko wejście (opady) i wyjście (strumień w punkcie pomiarowym) jest dość skuteczny. Pozwala na śledzenie zmian w środowisku. Przyczyną takich zmian często mogą być niektóre wydarzenia historyczne i wpływ działalności człowieka na cechy środowiska, podobnie jak w naszym modelowanym obiekcie.