

MATLAB A SCILAB JAKO NARZĘDZIA DO MODELOWANIA WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNYCH

Konrad Nowak, Ireneusz Białobrzewski

Katedra Inżynierii Procesów Rolniczych, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Streszczenie. W pracy dokonano porównania dwóch pakietów obliczeniowych: komercyjny pakiet Matlab i dostępny w ramach licencji open-source – Scilab. Porównania dokonano wykorzystując wyniki testu relaksacji naprężeń w pieczonym mięśniu piersiowym indyka. Właściwości lepko-sprężyste materiału modelowano w oparciu o model Maxwella. Pakiety porównano oceniając dopasowanie modelu do danych eksperymentalnych wykorzystując pakiety Matlab i Scilab. Wyniki, jakie uzyskano, dyskwalifikują pakiet Scilab jako narzędzie badawcze do prowadzenia badań właściwości reologicznych materiałów spożywczych.

Słowa kluczowe: model Maxwella, Matlab, Scilab, mięso indycze

Wykaz oznaczeń

- $E(t)$ – funkcja opisująca właściwości lepko-sprężyste [MPa],
- E_i – moduł sprężystości dla ciała Hook'a [MPa], dla $i=1,2,3$,
- η_i – lepkość ciała Maxwell'a [MPa·s], dla $i=1,2,3$,
- ε_0 – początkowe odkształcenie [%],
- σ – naprężenie [MPa].

Wstęp

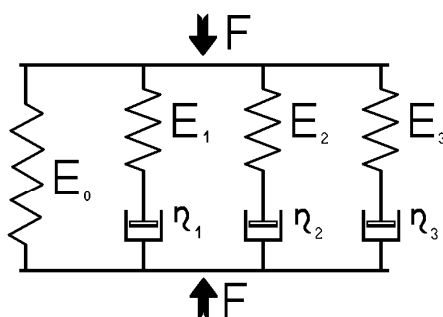
Celem pracy było porównanie jakości dopasowania do danych empirycznych modeli systemów dynamicznych, utworzonych w programie komercyjnym: Matlab (w. 7.4.0) firmy The Mathworks, oraz darmowym programie Scilab (w. 5.0.2) stworzonym przez INRIA (Institut National de Recherche en Informatique et Automatique).

Program Scilab, dostępny w ramach licencji *open source*, w wielu dziedzinach obliczeń ma szansę stać się alternatywą dla komercyjnego Matlab'a, szczególnie w zakresie dydaktycznym [Campbell 2006]. Jednak praca ta miała wykazać jego przydatność w dziedzinie modelowania systemów dynamicznych a szczególnie optymalizacji i dopasowania modelu do danych empirycznych, przy użyciu procedury „*datafit*”.

Metodyka

Modelowanie dotyczyło opisu reologicznych właściwości mięśni piersiowych indyka, pieczonych w temperaturze 200°C, na podstawie testu relaksacji naprężeń. Wyniki pomiarów zostały zaczerpnięte z literatury [Milewski, 2008]. Materiałem badawczym była kostka o wymiarach: 10mm×10mm×10mm. W czasie pomiaru rejestrowano: czas, siłę i odkształcenie badanego materiału. W czasie 200 s zarejestrowano ok 10 tys. wyników dla każdego powtórzenia. Pomiar wykonano w 20 powtórzeniach.

Wykorzystując pakiety Matlab i Scilab wyznaczono, dla każdego powtórzenia współczynniki trójelementowego modelu Maxwell'a (rys. 1) opisanego równaniem ogólnym (1) [Del Nobile i in., 2007].



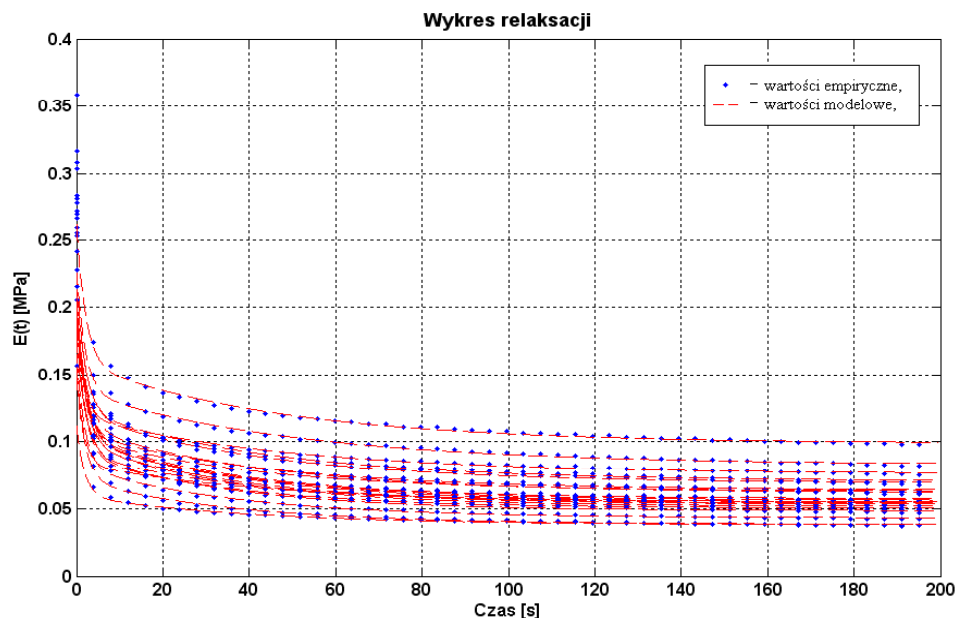
Rys. 1. Schemat trójelementowego ciała Maxwell'a.
Fig. 1. Diagram showing a three-element Maxwell body

$$E(t) = \frac{\sigma(t)}{\varepsilon_0} = \left[E_0 - E_1 \cdot \exp\left(\frac{-E_1 \cdot t}{\eta_1}\right) - E_2 \cdot \exp\left(\frac{-E_2 \cdot t}{\eta_2}\right) - E_3 \cdot \exp\left(\frac{-E_3 \cdot t}{\eta_3}\right) \right] \quad (1)$$

Do estymacji parametrów równania wykorzystano funkcję *lsqcurvefit* dostępną w *Optimization Toolbox* pakietu Matlab [Sadowska i in. 2009] oraz funkcję *datafit* dostępną standardowo w pakiecie Scilab. W celu porównania jakości dopasowania modeli wyznaczono współczynniki korelacji pomiędzy wynikami eksperymentu a wartościami modelowymi.

Wyniki i dyskusja

Wyniki estymacji parametrów obrazują wykresy relaksacji wygenerowane w pakiecie Matlab (rys. 2) oraz w pakiecie Scilab (rys. 3), na których naniesiono dane eksperymentalne w postaci punktów oraz wartości uzyskane na podstawie równania Maxwell'a.



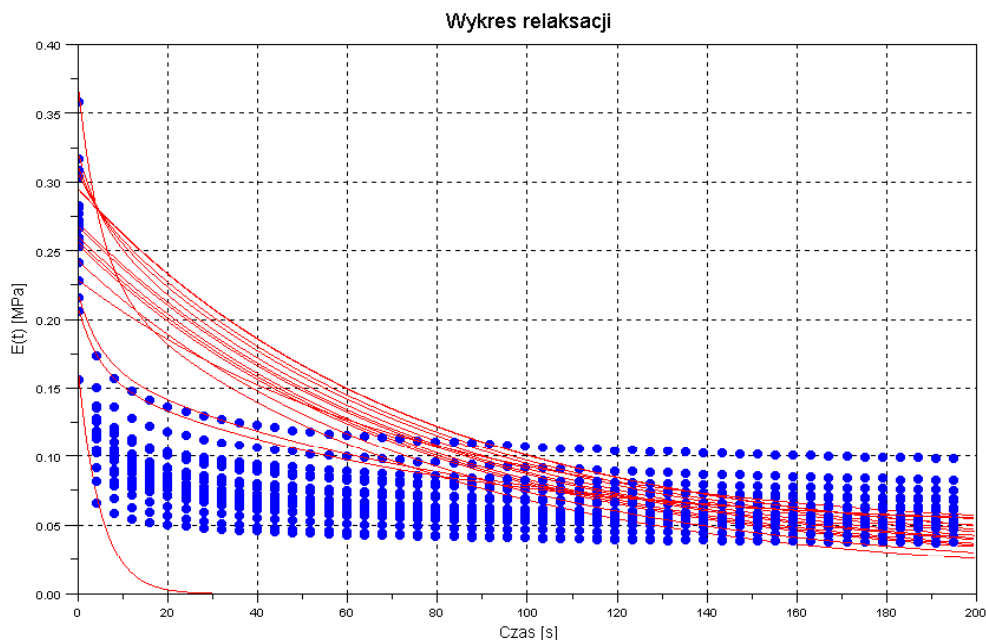
Rys. 2. Przebiegi testu relaksacji pieczonych mięśni indyka (dane empiryczne wraz z estymowanymi modelami) uzyskane w Matlab'ie.

Fig. 2. Characteristics of relaxation test for roasted turkey muscles (empirical data with estimated models) obtained in Matlab

Okazało się, że przebiegi uzyskane na podstawie równania (1) w oparciu o pakiet Matlab poprawnie aproksymowały wyniki pomiarów. Natomiast przebiegi uzyskane w oparciu o pakiet Scilab istotnie różniły się od przebiegów zmierzonych. Uzyskane wyniki świadczą, że program Scilab (w odróżnieniu od pakietu Matlab) nie był w stanie z zadowalającą dokładnością estymować parametrów analizowanych modeli (ich wartości zmieniły nieznacznie w porównaniu z wartościami wejściowymi) zapewniając bardzo niską (bliską zero) wartość współczynnika korelacji. Pakiet Matlab zapewnił wysoka wartość współczynnika korelacji, równą: 0,9927.

Wydaje się, iż powodem takiego rezultatu mogła być duża liczba wykorzystywanych danych eksperymentalnych oraz ilość estymowanych parametrów równania (1). Jednak należy jednoznacznie stwierdzić, że pakiet inżynierski powinien poprawnie estymować współczynniki w modelu zawierającym nawet więcej niż siedem parametrów.

Należy także dodać, że wynik estymacji realizowanych w pakiecie Scilab był inny za każdym razem, gdy nawet nieznacznie zmieniano składnię polecenia *datafit* (wybór parametrów opcjonalnych). Jednak po wielu próbach wynik wciąż nie był zadowalający. Nasuwa się zatem wniosek, że uzyskanie optymalnego dopasowania modelu do danych prawdopodobnie jest możliwe, jednak autorom pracy nie udało się tego osiągnąć w rozsądnym przedziale czasu, który byłby do przyjęcia dla pakietu wykorzystywanego w dydaktyce i badaniach naukowych. Fakt ten dyskwalifikuje pakiet Scilab jako program użyteczny w laboratorium reologicznym.



Rys.3. Przebiegi testu relaksacji pieczonych mięśni indyka (dane empiryczne wraz z estymowanymi modelami) uzyskane w Scilab'ie.

Fig. 3. Characteristics of relaxation test for roasted turkey muscles (empirical data with estimated models) obtained in Scilab

Bibliografia

- Campbell S., Chancelier J.P., Nikoukhah R.** 2006. Modeling and Simulation in Scilab/Scicos. Springer. ISBN: 9780387278025.
- Del Nobile M.A., Chillo S., Mentana A., Baiano A.** 2007. Use of the generalized Maxwell model for describing the stress relaxation behavior of solid-like foods. *Journal of Food Engineering* 78. pp. 978-983.
- Milewski A.** 2008. Wpływ warunków obróbki cieplnej na reologiczne właściwości materiałów spożywczych. Praca magisterska. UWM. Maszynopis.
- Sadowska J., Białobrzewski I., Jeliński T., Markowski M.** 2009. Effect of fat content and storage time on the rheological properties of Dutch-type cheese. *Journal of Food Engineering*, vol. 94, is. 3-4. pp. 254-259.

MATLAB AND SCILAB AS THE TOOLS FOR MODELLING RHEOLOGICAL PROPERTIES

Abstract. The work compares two computing packages: commercial Matlab package, and Scilab available under open-source licence. The comparison was made using test results for stress relaxation in roasted breast muscle of a turkey. Viscous-elastic properties of the material were modelled on the basis of Maxwell's model. The packages were compared by assessing the model fitting to experimental data. Matlab and Scilab packages were used for this purpose. Obtained results disqualify the Scilab package as a research tool for examining rheological properties of foodstuffs.

Key words: Maxwell's model, Matlab, Scilab, turkey meat

Adres do korespondencji:

Konrad Nowak; e-mail: konrad.nowak@uwm.edu.pl
Katedra Inżynierii Procesów Rolniczych
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
ul. J. Heweliusza 14
10-718 Olsztyn