

Katedra Informatyki Medycznej i Sztucznej Inteligencji
Wydział Inżynierii Biomedycznej
POLITECHNIKA ŚLĄSKA



PRACA DYPLOMOWA MAGISTERSKA

Analiza odkształceń tkanek w obrazach USG

Paulina Klimanek
Kierunek studiów: *Inżynieria Biomedyczna*
Specjalność: *Informatyka w Medycynie*

PROMOTOR
Dr Jan Juszczyk

ZABRZE – 2022

Spis treści

1.	<i>Wstęp</i>	1
1.1	Rozwiązania alternatywne	1
1.2	Cel pracy	1
1.3	Wprowadzenie teoretyczne	1
2.	<i>Metodologia</i>	5
2.1	Opis stanowiska badawczego	5
2.2	Akwizycja danych	5

1. Wstęp

Obrazowanie ultrasonograficzne jest jednym najbardziej dostępnych oraz nieinwazyjnych badań obrazowych. Klasyczna ultrasonografia 2D nie pozwala jednak na określenie własności elastycznych obrazowanych tkanek. Nie jest to możliwe zarówno w sposób bezpośredni polegający na określeniu modułu Younga tkanek, ani pośredni, wyznaczając odkształcenia występujące w strukturach ciała [7].

Rozwiązaniem jest badanie elastografii ultrasonograficznej, które za pomocą ultradźwięków pozwala na wykrywanie zmian sztywności w obrębie tkanek miękkich. Elastografia jest szeroko stosowana w wykrywaniu i klasyfikacji guzów piersi oraz prostaty, zmian w obszarze wątroby, monitorowaniu ablacji termicznej, charakterystyce płytek wewnątrznaczyniowych, badaniu właściwości naczyń wieńcowych czy też w diagnostyce guzów tarczycy [6–9].

1.1 Rozwiązania alternatywne

TO DO

1.2 Cel pracy

Celem pracy jest opracowanie oraz implementacja metodologii mapowania zmian odkształceń w tkankach miękkich w badaniach ultrasonograficznych. Zakłada się, że opracowana metoda będzie wykorzystywała śledzenie cech obrazu w sekwencji obrazów USG podczas ucisku tkanki. Przykładem badania, z jakim będzie można porównać wyniki otrzymane przez stworzony algorytm jest elastografia typu Strain.

1.3 Wprowadzenie teoretyczne

Elastografia jest techniką pozwalającą zobrazować właściwości elastyczne tkanek miękkich poprzez szacowanie modułów odkształceń w czasie działania cyklu kompresji i dekompresji (relaksacji) [6]. Impedancję akustyczną (znaną z klasycznej ultrasonografii) jest w tym przypadku opisuje moduł Younga [10]. Obrazy powstałe wskutek badania to elastogramy, przykładowy został zaprezentowany na Rysunku 1.1. W praktyce bowiem otrzymuje się mapy odkształceń w badanym ośrodku, a nie obrazy właściwości mechanicznych tkanki [7].

Badanie to jest współczesnym odpowiednikiem palpacyjnej metody badania zmian sztywności tkanek. Przewycięża ono ograniczenia starej metody, która ograniczała badanie do elementów znajdujących się blisko powierzchni skóry [10].

Fizyczną podstawę badania elastografii ultrasonograficznej stanowi zasada mówiąca o siłach rozprężających oraz ściskających, a także ścinających, powodujących ściskanie i rozprężanie poszczególnych ośrodków. Wpływ wymienionych sił wiąże się z odkształceniem tkanek oraz powstaniem fali mechanicznej [10]. Falę podłużną wywołuje nacisk sondy, fale ultradźwiękowe emitowane przez sondę bądź dodatkowa sonda, służąca do wytworzenia oddzielnej wiązki ultradźwiękowej [10].

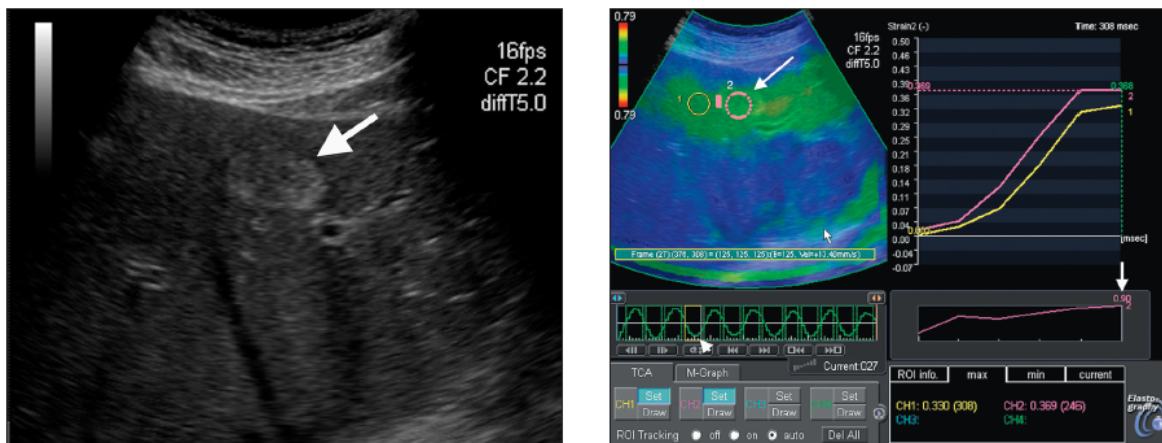
Badania wyróżniają dwa typy obrazowania metodą elastografii:

- obrazowanie typu Strain (ang. *Strain Imaging*) – zakłada, że źródłem fali podłużnej jest ucisk sondy lub ultradźwięki z niej wychodzące. Pomiaru elastyczności tkanek dokonuje się oceniając odkształcenia powstałe w danej tkance [10].
- obrazowanie typu SWE (ang. *Shear Wave Elastography*) – wykonywany jest pomiar prędkości rozchodzenia się fali poprzecznej uzyskanej wskutek emitowanych przez sondę ultradźwięków. Metoda wykonuje pomiar na podstawie powstałej mapy odkształceń ośrodka [10].

Podstawowym parametrem, z jakimi wiąże się elastografia jest przede wszystkim Moduł Younga, który można zdefiniować za pomocą następującej zależności [7]:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}, \quad (1.1)$$

gdzie ϵ oznacza odkształcenie liniowe, oraz naprężenia σ z nim związane. Elastyczność jest więc stosunkiem naprężenia koniecznego do powstania zmiany długości tkanki – odkształcenia. Wartość tego parametru może się różnić w zależności od wystąpienia stanu patologicznego, stanów zapalnych, starzenia się bądź występowania nowotworu tkanki [6]. Właściwości jakimi cechują się tkanki patologiczne (w tym nowotworowe) różnią się znacząco od zdrowych – zazwyczaj ich elastyczność jest mniejsza [7].



Rys. 1.1: Obraz ultrasonograficzny (po lewej) oraz odpowiadający mu obraz elastografii typu strain [6]

Odształceniem liniowym ϵ nazywa się stosunek zmiany długości tkanki podczas deformacji, w odniesieniu do długości pierwotnej. Zależność tą opisuje wzór [7]:

$$\epsilon = \frac{L - L_0}{L_0}. \quad (1.2)$$

Natomiast naprężenie jest stosunkiem siły do pola przekroju badanej tkanki (obiektu) i opisuje ją zależność [7]:

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad (1.3)$$

2. Metodologia

2.1 Opis stanowiska badawczego

Stanowisko miało na celu umożliwienie rejestracji obrazów ultrasonograficznych, przedstawiających Do wykonania symulacji badania konieczne było uproszczony schemat wykorzystanego stanowiska został przedstawiony na Rysunku W jego skład wchodziły jednostki takie jak:

- ...
- ...

2.2 Akwizycja danych

Rejestracja danych została przeprowadzona na przedstawionym w sekcji [2.1](#) stanowisku badawczym. Do akwizycji obrazów wykorzystano urządzenie ... wraz z głowicą typu ... oraz program Oprogramowanie to umożliwia Zarejestrowane obrazy USG mają rozmiar ... i obejmują Serie obrazowe zostały zapisane w postaci ... oraz zarchiwizowane.

Bibliografia

- [1] Richard G. Barr, Zheng Zhang, Shear-wave elastography of the breast: value of a quality measure and comparison with strain elastography, *Radiology*, Tom 275, Numer 1, 2015, s. 45-53.
- [2] Jonathan F. Carlsen, Caroline Ewertsen, Lars Lönn, Michael B. Nielsen, Strain elastography ultrasound: an overview with emphasis on breast cancer diagnosis, *Diagnostics*, Tom 3, 2013, s. 117-125.
- [3] Jung Min Chang, Jae-Kyung Won, Kyoung-Bun Lee, In Ae Park, Ann Yi, Woo Kyung Moon, Comparison of Shear-wave and strain ultrasound elastography in the differentiation of benign and malignant breast lesions, *American Roentgen Ray Society*, Tom 201, 2013, s. 347-356.
- [4] Giovanna Ferraioli, Carmine Tinelli, Antonello Malfitano, Barbara Dal Bello, Gaetano Filice, Carlo Filice, Performance of real-time strain elastography, transient elastography, and aspartate-to-platelet ratio index in the assessment of fibrosis in chronic hepatitis C, *American Roentgen Ray Society*, Tom 199, 2012, s. 19-25.
- [5] Christoph F. Dietrich, Richard G. Barr, André Farrokh, Manjiri Dighe, Michael Hocke, Christian Jenssen, Yi Dong, Adrian Saftoiu, Roald Flesland Havre, Strain elastography – how to do it?, *Ultrasound int Open*, Tom 3, 2017, s. 137-149.
- [6] Mehmet Ruhi Onur, Ahmet Kursad Poyraz, Esra Ercin Ucak, Zulkif Bozgeyik, Ibrahim Hanifi Özerkan, Erkin Ogur, Semiquantitative strain elastography of liver masses, *American Institute of Ultrasound in Medicine — J Ultrasound Med*, Tom 31, 2012, s. 1061-1067.
- [7] Szymon Cygan, Metoda wyznaczania przemieszczeń i odkształceń dla potrzeb elastografii w warunkach znacznych odkształceń tkanek Rozprawa doktorska, Politechnika Warszawska, Wydział Mechatroniki, 2011.
- [8] Arun Thitaikumar, Louise M Mobbs, Christina M Kraemer-Chant, Brian S Garra, Jonathan Ophir, Breast tumor classification using axial shear strain elastography: a feasibility study, *Physics in Medicine and Biology*, Tom 53, 2008, s. 4809-4823.
- [9] Joseph R. Grajo, Richard G. Barr, Strain elastography for prediction of breast cancer tumor grades, *American Institute of Ultrasound in Medicine — J Ultrasound Med*, Tom 33, 2014, s. 278-297.

-
- [10] Andrzej Fedak, Badania ultrasonograficzne: elastografia ultrasonograficzna, Inżynier i Fizyk Medyczny, Tom 8, 2019, s. 167-170.
 - [11] Elena Drakonaki, Elastografia w obrazowaniu ścięgien i mięśni, Journal of Ultrasonography, Tom 12, 2012, s. 214-225.
 - [12] Tomasz Batko, Ocena przydatności „jakościowej elastografii ultrasonograficznej czasu rzeczywistego” w różnicowaniu pomiędzy prawidłowymi i patologicznymi węzłami chłonnymi szyjnymi u dzieci i młodzieży, Rozprawa doktorska, Gdański Uniwersytet Medyczny, 2014.
 - [13] Maurice, R. L., Ohayon, J., Fretigny, Y., Bertrand, M., Soulez, G., Cloutier, G., Noninvasive Vascular Elastography: Theoretical Framework, IEEE Transactions on Medical Imaging, Tom 23, Numer 2, 2004, s. 164–180.
 - [14] Korukonda, S., Doyley, M., Visualizing the radial and circumferential strain distribution within vessel phantoms using synthetic-aperture ultrasound elastography. IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control, Tom 59, Numer 8, 2012, s. 1639–1653.
 - [15] Nayak, R., Huntzicker, S., Ohayon, J., Carson, N., Dogra, V., Schifitto, G., Doyley, M. M., Principal Strain Vascular Elastography: Simulation and Preliminary Clinical Evaluation. Ultrasound in Medicine & Biology, Tom 43, Numer 3, 2017, s. 682–699.
 - [16] Maurice, R. L., Daronat, M., Ohayon, J., Stoyanova, É., Foster, F. S., Cloutier, G., Non-invasive high-frequency vascular ultrasound elastography. Physics in Medicine and Biology, Tom 50, Numer 7, 2005, s. 1611–1628.