

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Советского Александра Александровича
«Визуализация деформаций и упругих свойств тканей на основе
компрессионной оптической когерентной эластографии»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по научной специальности 1.3.4 – Радиофизика

Диссертация Советского А.А. посвящена развитию методов неинвазивного картирования деформаций и упругих свойств биотканей на основе глубокого анализа комплексных сигналов оптических когерентных томографов. Продемонстрированная в диссертации реализация оптической когерентной эластографии (ОКЭ) позволяет исследовать и традиционно обсуждаемые линейные упругие свойства и получать пространственно-разрешенные нелинейные связи «напряжение-деформация» для высоконелинейных и гетерогенных реальных тканей. Тематика диссертации является актуальной радиофизической задачей по обработке оптических данных и получению на их основе количественных оценок нелинейных механических свойств исследуемого материала. Диссидентом разработаны и реализованы рабочие к аддитивным и спекловым шумам методы картирования как «мгновенных» и малых межкадровых, так и инкрементально накапливающихся больших кумулятивных деформаций с использованием матричных операций и учётом смещений рассеивателей при деформировании среды. Эффективность развитых методов наглядно продемонстрирована не только на численно сгенерированных модельных данных, но и на сканах реальных биологических образцов с использованием оптических когерентных томографов (ОКТ), разработанных в ИПФ РАН.

Предложенные автором решения для реализации количественной оценки модуля Юнга и пространственно разрешённых нелинейных зависимостей «напряжение-деформация» позволили воспроизведимым образом исследовать и сопоставлять результаты различных измерений для нелинейных и гетерогенных образцов тканей даже при сильно неоднородных распределениях напряжения. Важным аспектом работы является выполненная автором проверка линейности силиконовых слоёв в широком диапазоне кумулятивных деформаций, что позволяет использовать такие слои в качестве детектора локального давления.

Исследования деформаций различного происхождения и жесткостных свойств биоткани, приведённые Советским А.А. в 3 и 4 главах, не вызывают сомнений в достоверности данных и представляют большой интерес для решения задач медицины и биофизики. В частности, автором приведена методика исследования лазерно-индукционных деформаций в толще материала на примере картирования деформаций коллагеновых структур, подверженных лазерному нагреву с целью изменения формы. Постобработка и анализ эластографических данных позволили сделать выводы о структурных изменениях, непосредственно не визуализируемых ОКТ и разрешаемых только при исследовании атомно-силовым микроскопом. Представленные в диссертации исследования медленных релаксационных и осмотических деформаций выполнены на высоком уровне и открывают новые возможности для обнаружения остаточных внутренних напряжений и изменений механики ткани.

В рамках проделанной диссертационной работы соискателем было проведено экспериментально сравнение результатов исследования компрессионной УЗИ-эластографии, гистологии и ОКЭ рака молочной железы. Анализ эластограмм с детальным сопоставлением с гистологией выявил ряд важных особенностей технологий и физических аспектов, которые необходимо учитывать при диагностике.

Разработанные Советским А.А. физические основы нового метода оптической биопсии позволили реализовать оперативное морфологическое сегментирование биотканей с высокой корреляцией результатов с гистологией. Полученные в диссертации

результаты использования нелинейных упругих параметров также представляют большой интерес, как с теоретической, так и с практической точек зрения. Стоит отдельно отметить высокий уровень публикаций с соавторством диссертанта (16 полноразмерных статей в международных рецензируемых журналах, включая значительную долю изданий уровня Q1).

Из изложения в автореферате, однако, остаются недостаточно ясными следующие важные моменты:

1. Какой контраст по жёсткости между исследуемой биотканью и используемым в качестве сенсора локального давления силиконового слоя следует выбирать при ОКЭ исследованиях?
2. Помимо приведенных в автореферате 2D эластограмм возможно ли снятие 3D эластограмм?

Отмеченные вопросы не снижают общую высокую оценку научной и практической значимости работы. Диссертация удовлетворяет всем требованиям п. 9-14 действующего положения «О порядке присуждения учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., а соискатель заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – Радиофизика.

Доктор технических наук по специальности 05.11.17 –
Приборы, системы и изделия медицинского назначения,
доцент, ведущий научный сотрудник научно-
технологического центра биомедицинской фотоники,
профессор кафедры приборостроения, метрологии и
сертификации федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Орловский государственный университет имени И.С.
Тургенева»



Дунаев Андрей
Валерьевич

Дата: «15» октября 2022 г.

Я, Дунаев Андрей Валерьевич, даю согласие на обработку моих персональных данных (приказ Минобрнауки России от 01.07.2015 №662) и на включение моих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата физико-математических наук Советского Александра Александровича.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева».

Служебный адрес: 302026, Орловская область, г. Орел, ул. Комсомольская 95.

E-mail: dunaev@bmecenter.ru

Телефон: +7 (4862) 41-98-06



Подпись Дунаева А.В. заверяю:

Проректор по научно-технологической
деятельности и аттестации научных кадров

Радченко
Сергей Юрьевич