

эвакуации и пожаротушения. Пожарные могут использовать эту информацию для разработки оптимальной стратегии спасения, чтобы уменьшить ущерб от стихийного бедствия и обеспечить безопасность людей.

Интеллектуальный пожарный шлем AR также может предоставлять ключевую информацию, такую как качество воздуха, температура и уровень кислорода в месте нахождения пожарного, а также обеспечивать необходимые пожарному функции голосовой или видеосвязи на экране дисплея шлема, облегчая руководство и мониторинг пожарных в режиме реального времени командным центром. Применение цифровых моделей зданий и интеллектуальных пожарных шлемов AR в таких сценариях может значительно повысить возможности пожарных по тушению пожаров и спасению людей, снизить потери от стихийных бедствий и сохранить жизнь и имущество персонала.

### **Заключение**

Комплексное использование цифрового моделирования с применением технологий моделирования с помощью БПЛА и фотограмметрии может повысить эффективность и возможности пожаротушения и спасения в эпоху цифровых городов. Применение этих технологий предоставит пожарным более точные и быстрые средства моделирования пожара и сбора данных, предлагая новые идеи для строительства и интеллектуального применения цифровых городов.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Mapping and 3D modelling using quadrotor drone and GIS software//URL:<https://journalofbigdata.springeropen.com/articles/10.1186/s40537-021-00436-8>(дата обращения 19.05.2021)

Гао Тяньюй (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Спиридонова Анна Сергеевна,  
канд. техн. наук, доцент

## **ИЗМЕРЕНИЕ ТВЕРДОСТИ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЯ**

**Введение.** В настоящее время использование устройств КТ или МРТ для сканирования человеческого тела для получения медицин-

ских изображений четких организаций внутренних органов у пациентов. Но, возможность определения важного показателя «мягкости» фиброза печени и цирроза печени относительно невелика.

Данное исследование предлагает метод, отличный от аппаратного решения для обнаружения твердости объектов (таких как печень), который основан на технологии компьютерного зрения. В качестве объекта используется изображение МРТ с сигналом TAG для проведения количественных исследований по степени твердости печени.

### Теоретические основы

Преобразование Фурье заключается в разложении сигнала временной области на множество различных частот синусоидальных сигналов или косинусных функций, а наложение и дискретное преобразование Фурье является важным инструментом для технологии цифровой обработки изображений, путем переключения изображения назад и вперед в пространственно-временной и частотной областях.

### Быстрое преобразование Фурье (БФП)

БФП – это быстрый алгоритм расчета DFT. DFT имеет огромное количество вычислений и длительное время работы. Предложение БФП значительно снижает сложность преобразования Фурье и значительно уменьшает объем вычислений. Формула расчета выглядит следующим образом:

$$F(u) = \frac{1}{2M} \sum_{x=0}^{2M-1} f(x)W_{2M}^{ux}$$

$$= \frac{1}{2} \left[ \frac{1}{M} \sum_{x=0}^{M-1} f(2x)W_{2M}^{u(2x)} + \frac{1}{M} \sum_{x=0}^{M-1} f(2x+1)W_{2M}^{u(2x+1)} \right]$$

Пусть  $F_e(u) = \frac{1}{M} \sum_{x=0}^{M-1} f(2x)W_M^{ux}$ ,  $F_o(u) = \frac{1}{M} \sum_{x=0}^{M-1} f(2x+1)W_M^{ux}$ , где  $u = 0, 1, 2, \dots, M-1$  тогда:

$$F(u) = \frac{1}{2} [F_e(u) + F_o(u)W_{2M}^u], F(u+M) = \frac{1}{2} [F_e(u) - F_o(u)W_{2M}^u]. \quad (1)$$

В проведенном исследовании БФП используется для расчета спектра мощности спектрального изображения [1, 2].

### Экспериментальный процесс

В эксперименте, из-за нехватки ресурсов медицинских изображений печени, чтобы расширить объем исследования мягкости и твердости объектов, используются другие материалы и применяется разработанное программное обеспечение. Благодаря экспериментальному сравнению в качестве основного материала выбран резиновый

ремень (Рис. 1а), который эластичен и легко деформируется. Под растяжкой подвешены грузы, различной массы (Рис. 1б).



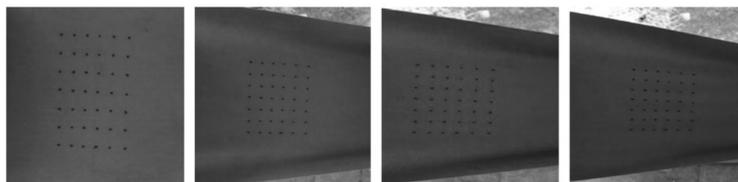
(а) Резиновый ремень



(б) Гири

Рис. 1. Оборудование, использованное в эксперименте

В середину относительно линейного упругого материала была положена красная точка логотипа, чтобы сформировать прямоугольную форму (Рис. 2а). Камера засняла процесс смены узлов сетки с различными нагрузками (Рис. 2б – Рис. 2г).



(а) 0 г (б) 550 г (в) 1200 г (г) 2000 г

Рис. 2. Процессы гравитационной деформации при различных нагрузках

Для таких изменений можно проводить эксперименты в частотной области.

### Эксперимент в частотной области

Прежде всего для изображения, соответствующего весу 0 г, извлекается цвет. Основная цель состоит в том, чтобы сравнить и определить диапазон количества серого значения в двух областях красных точек и не красных точек. После статистического анализа выделены серые значения цвета фона изображения. На основании двойного изображения каждого значения компонентов информация извлекается в области красной точки в одинаковых пороговых условиях для того, чтобы удалить фоновый цвет. После извлечения области точки признака изображение, полученное с помощью области извлечения, сжато, так что более широкая картина уменьшается до  $256 \times 256$ . При этом достигается цель уменьшения количества данных для увеличения скорости обработки информации. Далее, с помощью преобразования Фурье обрабатываем изображения для расчета значения спектра в частотной области. Экспериментальные результаты поля спектра показаны на рис. 3:

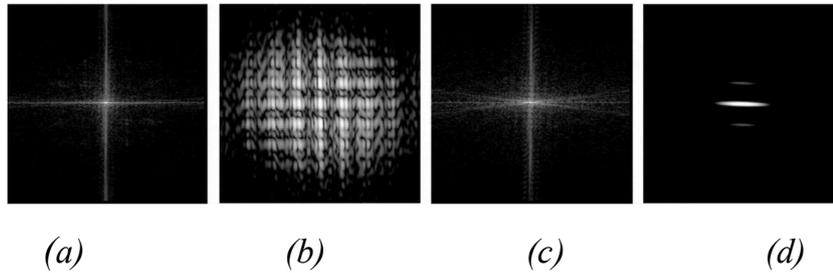


Рис. 3. Сила фона и удаление фона 0 г и 300 г

(a) 0 г не обрабатывает фон; (b) 0 г Удалить фон;  
 (c) 300 г не обрабатывает фон; (d) 300 г Удалить фон

С помощью алгоритма БФП обрабатываются все изображения, которые можно увидеть на диаграмме спектра. В работе выбрана круглая область с круглой точкой в качестве центра и три пиксельные единицы длины радиуса. Все значения спектра мощности (значение спектра) в диапазоне увеличиваются.

Затем, в соответствии с правилами нагрузки от малого до большого, соответствующая сумма спектральных значений статистически обрабатывается и представляется в виде диаграммы точек рассеяния данных. Был проведен эксперимент, получены данные, показанные на рис. 4. Из рис. 4 видно, что спектральное значение уменьшается с увеличением нагрузки, что соответствует теоретическим данным.

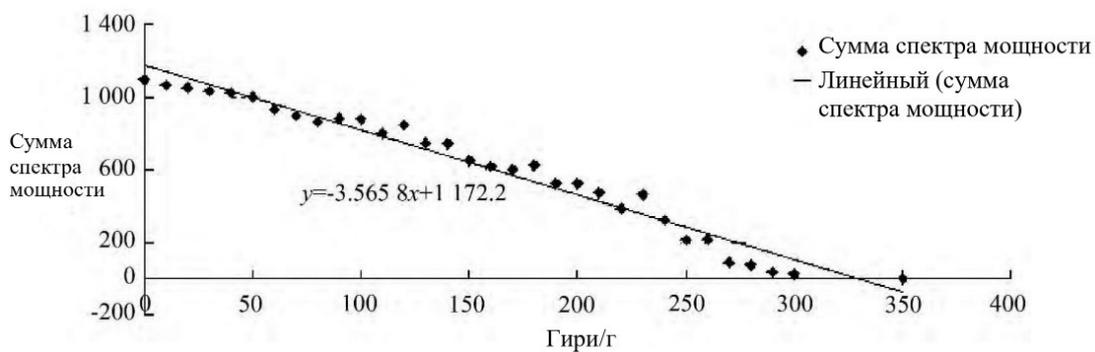


Рис. 4. Диаграмма распределения значений мощности БФП

Выявлено, что при рассеянных значениях, расположенных в точке распределения данных, при увеличении нагрузки сумма спектральных значений характерной области постоянно уменьшается, что согласуется с ожидаемыми теоретическими результатами. Полученные данные в основном описываются линейными отношениями.

После эксперимента, в соответствии с прямой линией взаимосвязи экспериментальных результатов, полученных ранее, сравниваются теоретические и полученные значения. Определяют соотношение отклонения Коэффициент отклонения = (теоретическое значение - Фактическое значение) / Фактическое значение. Чем меньше значение, тем выше правильность экспериментальных данных.

Согласно точкам на линии тренда, получают математическое выражение, описывающее ее:

$$y = -3,5658 \cdot x + 1172,2 \quad (2)$$

Данные на рис. 4 (Высота оси y, то есть значение спектра мощности) в качестве известного условия, согласно формуле (2), чтобы найти вес гири, получить результаты данных результатов. Результаты показаны в таблице 1. Данные, приведенные в таблице 1 необходимы, чтобы найти отклонение нагрузки, со средним соотношением отклонения 3,27 %, а отклонение размера веса меньше.

Таблица 1

*Экспериментальное отклонение качества веса*

Фактическое значение массы, г	Теоретическое значение массы, г	Фактическое значение массы, г	Теоретическое значение массы, г
50	50,046	1050	1030,306
150	146,192	1150	1170,215
250	285,413	1250	1178,289
350	352,741	1350	1386,978
450	450,114	1450	1422,896
550	556,693	1550	1479,523
650	623,982	1650	1569,769
750	775,723	1750	1768,572
850	844,725	1850	1699,282
950	891,620	1950	1950,362
100	95,387	1100	995,777
200	207,132	1200	1117,339
300	291,128	1300	1234,811
400	403,310	1400	1435,736
500	526,736	1500	1483,465
600	600,741	1600	1573,070
700	738,746	1700	1686,946
800	755,990	1800	1797,128
900	915,558	1900	1941,982
1000	1036,230	2000	1967,511

Таким образом, в соответствии с полученным уравнением можно сделать вывод, что твердость объекта имеет линейную обратно пропорциональную связь между значением спектра центральной области

и спектра, полученного БФП. Чем больше деформация объекта, тем меньше значение спектра, которое является противоположностью фронта. Это показывает, что алгоритм БФП можно использовать для определения мягкости и твердости натянутого ремня из поля частотного спектра, и полученный эффект является хорошим. Этот метод может быть распространен на обнаружение мягкости и твердости других объектов.

### Измерение мягкости печени

Поскольку мягкость печени не может быть отражена на КТ/МР-изображениях, в этом эксперименте использовалось специальное ядерно-магнитно-резонансное оборудование для получения помеченных МР-изображений печени (Рис. 5) [3]. Массив точек меток сетки, прикрепленных к МР-изображению, перемещается при дыхании.

Обработка МРТ-изображений печени с помощью БФП показана на рис. 5(а) и рис. 5(б). Спектрограмма показывает характерные изменения. С точки зрения результатов эксперимента по частотной области, данные о значении спектра мощности распределяются, как показано на рис. 6(в).

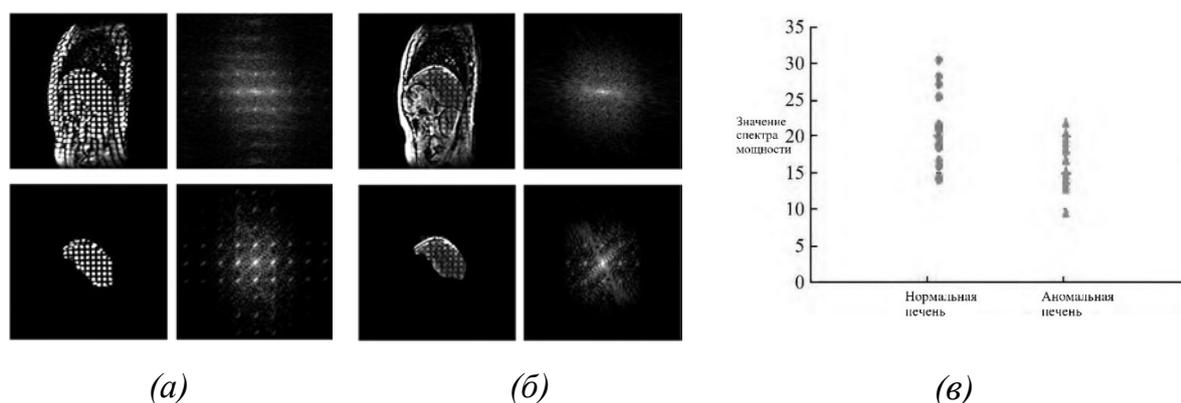


Рис. 5. Данные экспериментального изображения в частотной области (а) 1-я диаграмма МРТ-изображения и спектра; (б) 9-я изображение МРТ и спектр диаграмм; (в) Экспериментальная схема распределения результатов

Значение спектра мощности нормальной печени, как правило, больше, чем у аномальных спектральных значений мощности печени. Основное распределение данных аномальной печени и нормальной печени показывает тенденцию к повышению стадий. Из этого можно сделать вывод, что чем мягче печень, тем больше спектр мощности, полученный с помощью БФП. То есть чем выше степень заболевания печени, тем более очевидным эффект его спектра.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гао Сицюань, Дин Юмей, Го Юнхун. [М]// Цифровая обработка сигналов: принципы, реализация и приложения. 2010. № 62-83. ISBN: 9787121107641
2. Ма Болин, Ли Даньхэн, Ян Хуахуэй. [М]// Функция комплексной переменной и интегральное преобразование. 2007. № 140- 153. ISBN: 9787309054125
3. Учияма Р., Чжан Сюэцзюнь, Фудзита Х. и др. Компьютерная диагностика для МРТ головного мозга и печени [J]// Лаборатория изображений. 2012(2). № 41-46. <https://doi.org/10.3169/itej.65.436>

Ди Чэнь (Китай), Дин Цзэжу (Китай),  
Ли Вэйхан (Китай), Жуй Минхань (Китай),  
Козлов Виктор Николаевич (Россия)

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Научный руководитель: Козлов Виктор Николаевич,  
канд. техн. наук, доцент

## ВЛИЯНИЕ ИЗНОСА НА ВЫДЕРЖИВАЕМЫЙ РАЗМЕР И ПРОЧНОСТЬ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Черновая обработка предназначена для высокопроизводительного удаления большого припуска, является предварительной обработкой и поэтому не требует высокой точности выдерживаемого размера, что позволяет операторам станков на производстве допускать большой износ режущего инструмента, однако это приводит к увеличению вероятности его поломки.

В настоящее время практически всегда используются сменные многогранные пластины (СМП), или многогранные неперетачиваемые пластины (МНП) из твёрдого сплава. При резании износ происходит по всем поверхностям, но в наибольшей степени по задней поверхности. При этом образуется фаска длиной  $h_z$  (в англоязычной литературе  $h_f$ ) с задним углом на ней  $\alpha_h = 0^\circ$ , если длина фаски не превышает 0,75 мм [1-4]. При бóльшей длине фаски увеличивается вероятность скола СМП.

При появлении фаски износа на задней поверхности происходит увеличение силы резания, особенно радиальной  $P_y$  и осевой  $P_x$  составляющих. Увеличение силы  $P_y$  приводит к росту упругой деформации системы станок – приспособление – инструмент - деталь (СПИД). Это