

- ного симпозиума о природе трения твердых тел. Гомель, 1999.
5. Костюк Д.А., Кузавко Ю.А. Ультразвуковая диагностика процессов отверждения веществ. / Материалы 2-й международной научно-технической конференции «Ультразвуковая техника и технология». Минск, 1999.

6. Kostiuk D.A., Kuzavko Yu.A. Anomalies of reflection of acoustic pulses from boundary with strong dissipative medium. / Proceedings of international conference on neural networks and artificial intelligence. Brest, 1999.

УДК 621.891

Акулич Я.А., Костюк Д.А., Кузавко Ю.А.

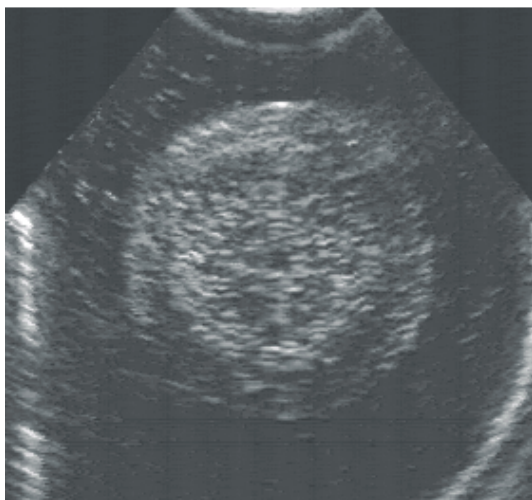
КОМПЬЮТЕРНАЯ ОБРАБОТКА УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ЭХОТОГРАММ ОБЪЕКТОВ ТРЕНИЯ ТИПА "ВАЛ-ВТУЛКА"

Ранее был представлен способ получения двумерных акустических эхотограмм объектов трения, при помощи разработанного нами ультразвукового диагностического комплекса [1]. В состав ультразвукового диагностического комплекса входят следующие компоненты: эхотомоскоп снабженный ультразвуковыми пьезокерамическими преобразователями с механическим и электронным сканированием, имеющий встроенные блоки просмотра, управления и предварительной обработки информации, видеоадаптер, сопрягающий выходной сигнал эхотомоскопа с входом персонального компьютера, персональный компьютер с принтером, а также оптический сканер. На первом этапе, ультразвуковой диагностический комплекс позволяет получать акустические изображения на экране монитора собственно эхотомоскопа и проводить ограниченное число операций по обработке этих изображений. Затем, с помощью специально разработанного видеоадаптера и программного обеспечения к нему, полученное акустическое изображение в реальном масштабе времени передается на ПК, где и осуществляется дальнейшая обработка этих изображений. При этом реализуются возможности, как непосредственной обработки изображений при проведении ультразвукового сканирования объектов трения в режиме реального времени, так и сохранения изображений для дальнейшей работы с ними, с использованием универсальных и специальных программных средств. Использование высокопроизводительных ПК позволяет на качественно новом уровне анализировать и обрабатывать полученные эхотограммы.



б)

Рисунок 1. Акустические изображения пары трения "вал-втулка" не подвергавшиеся обработке: а) Частота вращения 400 мин⁻¹, без нагрузки; б) Частота вращения 400 мин⁻¹, нагрузка 1000 Н



а)

Экспериментальные акустические изображения были получены с использованием машины для испытания материалов на трение и износ 2070 СМТ-1. В испытательную камеру данной машины была помещена пара трения типа "вал - втулка". Материалом вала служила сталь 40Х, втулка была изготовлена из бронзы ОЦС-5-5-5. Данные материалы нашли широкое применение в уплотнительных устройствах, подшипниках скольжения и других узлах трения. В качестве рабочей жидкости использовалось масло индустриальное И-40А. В испытательной камере машины трения при помощи специального крепления был закреплен УЗП с механическим сканированием.

На рисунке 1 представлены полученные при помощи ультразвукового сканирования акустические изображения пары трения типа "вал-втулка".

Ультразвуковая визуализация процессов трения сопряжена с определенными трудностями, вызванными возникновением ложных изображений, возникающих в результате переотражений и трансформаций ультразвуковых колебаний при сканировании. Для борьбы с подобными искажениями нами предлагается использовать цифровую обработку акустических изображений.

Обработка изображений осуществлялась как с помощью

Акулич Ярослав Антонович. Старший преподаватель каф. "Машиноведения" Брестского государственного технического университета.

Костюк Дмитрий Александрович. Аспирант каф. ЭВМиС Брестского государственного технического университета. БГТУ, Беларусь, г. Брест, ул. Московская 267.

Кузавко Юрий Алексеевич. К. ф.-м.н., член-кор. МАИ, коммерческий директор ООО НПК "СЭТ".

универсальных программных средств, примером которым может служить пакет численных вычислений Matlab 5.2 фирмы MathWorks, так и с использованием разработанных нами специализированных программных средств на основе Matlab и графической библиотеки ImageLib 4 фирмы SkyLine.

Для улучшения качественных характеристик полученных акустических изображений нами применялись: несколько видов линейной фильтрации [2] обработка при помощи специальных функций с предустановленными и задаваемыми коэффициентами, а также цветокодирование черно-белых изображений [3].

Использование методов фильтрации было ориентировано на задачи исключения посторонних шумов, подчеркивание границ отдельных элементов изображения и корректировка его яркостных характеристик.

Хороших результатов при решении задачи подавления шумов удалось достичь, используя преимущества низкочастотной фильтрации, подавляющей пространственно-декоррелированные шумы, имеющие в своем спектре более высокие пространственные частоты по сравнению со спектром основного изображения, а также адаптивного метода Винера [4], основанного на статистической оценке локального соседства каждого пиксела (1). Для реализации низкочастотных фильтров использовался метод дискретной свертки первоначального изображения (2) с различными шумоподавляющими масками.

$$\mu = \frac{1}{NM} \sum_{n1, n2 \in \eta} a(n1, n2)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{NM} \sum_{n1, n2 \in \eta} a^2(n1, n2) - \mu^2 \quad (1)$$

$$b(n1, n2) = \mu + \frac{\sigma^2 - v^2}{\sigma^2} (a(n1, n2) - \mu),$$

где η - локальное окружение каждого пиксела размерности NM, μ и σ^2 - локальное среднее значение и дисперсия для окружения каждого пиксела, v^2 - дисперсия шума, $a(n1, n2)$ и $b(n1, n2)$ - пикселы исходного и результирующего изображения соответственно.

$$b(m1, m2) = \sum_{n1} \sum_{n2} a(n1, n2) h(m1 - n1 + 1, m2 - n2 + 1) \quad (2)$$

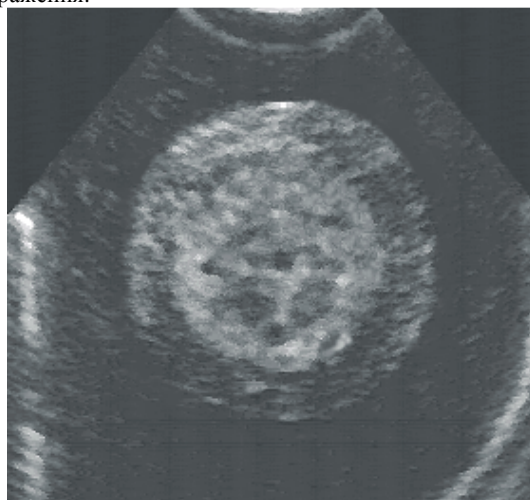
где h - шумоподавляющая маска (как правило, матрица размером 3x3).

Однако применение метода сглаживания шумов имеет побочный эффект, выражающийся в размытии контуров изображения, что дало основание применять его в сочетании с различными методами подчеркивания границ объектов изображения. Среди прочего была использована дискретная фильтрация с высокочастотным откликом, также реализуемая дискретной сверткой с масками, выбираемыми из условия равенства единице суммы их элементов.

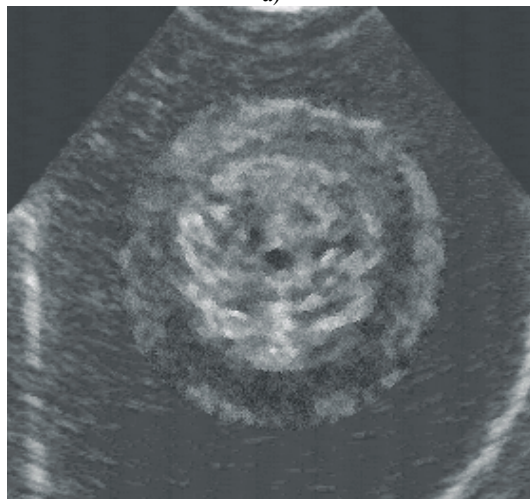
На рисунке 2 представлены ультразвуковые изображения, соответствующие изображениям на рисунке 1, подвергнутые цифровой обработке с использованием вышеупомянутых методов фильтрации.

В дополнение к фильтрации полученных изображений выполнялась коррекция их яркостных характеристик, выраженная в отображении значений интенсивности на диапазон, определенным образом отличающийся от исходного, а именно линейное преобразование интенсивности, т.е. изменение

общей яркости изображения, а также гамма-коррекция, выражающаяся в нелинейном изменении их интенсивности элементов изображения. Последняя позволяла корректировать отдельные области диапазона интенсивности, достигая тем самым более точного подчеркивания требуемых элементов изображения.



а)



б)

Рисунок 2. Акустические изображения пары трения "вал-втулка", прошедшие комплексную обработку

При возможности привязки к геометрическим параметрам исследуемой пары трения представляется целесообразной обработка локальных областей изображения, позволяющая достичь значительного улучшения визуальной распознаваемости его информативных элементов. В частности, обладание информацией о реальных размерах вала и втулки, а также их пространственного положения дает возможность максимально приблизить восприятие акустического изображения пары трения к ее оптическому представлению (рисунок 3).

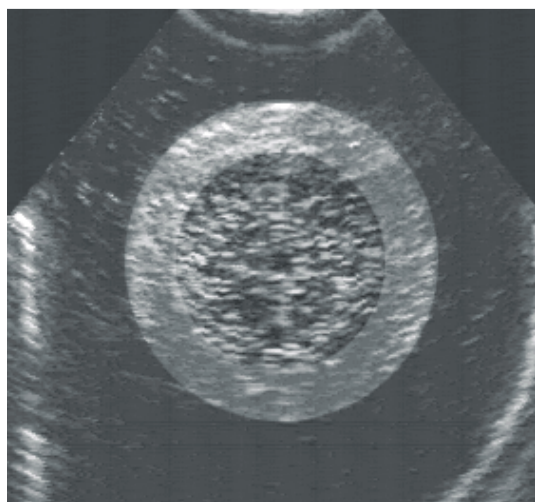
Кроме того, за счет привязки к пространственной геометрии предмета исследования появляется реальная возможность отслеживания местоположения областей контакта, что, в свою очередь, позволяет осуществлять мониторинг контактных характеристик взаимодействующих объектов трения.

Использование цветокодированных изображений связано с особенностями человеческого зрения, дающими возможность различать большее количество цветовых оттенков, чем оттенков черно-белого изображения. Таким образом, переход от режима градаций серого к псевдоцвету увеличивает распознаваемость низкоконтрастных элементов изображения, а

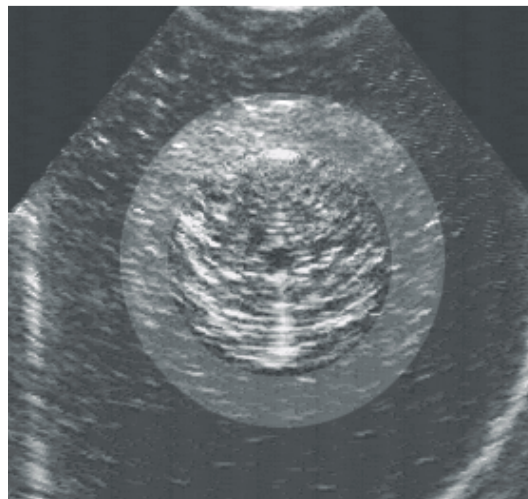
также может использоваться для выделения его отдельных областей.

Цветокodирование исходных изображений выполнялось в привязке к площади контактного пятна, градации яркости которого получали наиболее "горячие" оттенки цвета (соответствующие градациям красного), а по мере удаления от него цвета постепенно "охлаждались".

При переходе от черно-белых изображений к псевдоцвету использовались две цветковые модели. Первая – модель RGB наиболее близка к принципу действия аппаратного обеспечения и основана на трехкомпонентной теории зрения, представляющей цвет в виде трех каналов для красной, зеленой и голубой компонент. Использование этой модели представляется наиболее удобным при введении зависимости оттенка цвета, от близости к контактному пятну. Вторая используемая модель, именуемая HSB (от английского эквивалента слов оттенок - насыщенность - яркость) также представляет цвет в виде трех компонент. Однако за оттенок в этом случае отвечает только первая компонента, а вторая и третья – за глубину цвета, характеризующую насыщенность оттенка при изменении от легкой пастели до сочного цвета, и за его яркость. Следует отметить, что использование данной модели предоставляет более широкие возможности для цветкового отображения представляющих интерес элементов изображения, благодаря изменению яркости и насыщенности, при постоянном распределении псевдоцветов по диапазону градаций серого



а)



б)

Рисунок 3. Акустические изображения пар трения, подвергнутые локальной обработке в привязке к их геометрическим и пространственным характеристикам

цвета исходного изображения.

К сожалению, отсутствие возможности публикации цветных иллюстраций не позволяет представить цветокodированные изображения в их естественном виде, а преобразование их для публикации к градациям серого цвета представляется нецелесообразным.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. А.Я. Акулич, В.Б. Гладышук, М.В. Голуб, Ю.А. Кузавко, Б.Н. Склипус. Ультразвуковой диагностический комплекс томографии машиностроительных изделий//Американо - восточно-европейская конференция «Новые материалы и технологии в трибологии». Минск - Гродно - Варшава. 1997г.
2. Ya. A. Akulich, D. A. Kostiuk, Yu. A. Kuzavko Program improvement of quality of the images in 2D acoustic visualization. / Proceedings of international conference on neural networks and artificial intelligence. Brest, 1999.
3. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. М.: Мир, 1982.- Кн. 2 – 480 с.
4. Lim, Jae S. Two-Dimensional Signal and Image Processing. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1990.

УДК 681.324.01

Головко В.А., Савицкий Ю.В.

МЕТОД ОБУЧЕНИЯ РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

ВВЕДЕНИЕ

Одним из наиболее известных методов для сжатия информации без существенных потерь является метод главных компонент (РСА) [1]. Как известно из статистики [4], РСА метод осуществляет линейное сжатие информации. При этом осуществляется такое преобразование входного пространства данных, что выходные значения являются некоррелированными и основная доля их дисперсии сосредоточена в не-

скольких первых главных компонентах.

В последнее время большое внимание уделяется нейросетевым алгоритмам сжатия информации. Согласно литературе по РСА существуют следующие нейросетевые алгоритмы: 1) Алгоритм обучения Хебба [2,3]; 2) Антихеббовское обучение; 3) алгоритмы, базирующиеся на методе градиентного спуска [2,6].

В данной статье рассматриваются градиентные алгоритмы

Головко Владимир Адамович. К.т.н., доцент института технической кибернетики НАНБ.

Беларусь, г. Минск, ул. Сурганова, б.

Савицкий Юрий Викторович. Старший преподаватель каф. ЭВМиС Брестского государственного технического университета.

БГТУ, Беларусь, г. Брест, ул. Московская 267.

Машиностроение, автоматизация, ЭВМ