

ного технического университета. Аспирант **Макаров И.В.** *i.makarov@inbox.ru* - каф. Радиотехнические устройства Самарского государственного технического университета. Аспирант

Нечаев А.С. *nechaev-as@mail.ru* - каф. Автоматики и управления в технических системах Самарского государственного технического университета.

УДК 004.932

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ПРИЗНАКОВ САМОПОДОБИЯ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ

А.Л. Жизняков, Д.Г. Привезенцев

В статье рассматривается задача анализа цифровых изображений на основе локальных признаков самоподобия. Описывается алгоритм формирования фрактальных признаков изображений и алгоритм обнаружения нехарактерных участков изображения, который в частности можно использовать для решения задач дефектоскопии. Приводятся результаты исследований возможности использования распределения самоподобия в задачах дефектоскопии.

Ключевые слова: обработка изображений, фрактальные признаки изображений, фрактальная модель изображений, распознавание изображений.

Введение

В настоящее время одним из развивающихся и перспективных направлений в цифровой обработке изображений является применение фрактального анализа. Фракталы обладают свойствами самоподобия, что означает точное или вероятностное повторение свойств объекта при рассмотрении его в разных масштабах. Свойство самоподобия приводит к определенным закономерностям в статистическом поведении признаков изображений, в результате чего, изображения можно с определенной точностью описать фрактальными признаками [1-2].

Фрактальная модель изображения, описанная в [3-4], позволяет вычислить локальные признаки самоподобия, их проявление и изменение на изображении. Эти признаки показывают, какие участки изображения участвуют в его формировании, т.е. согласно распределению самоподобия внутри изображения можно выявить участки, используя которые можно воспроизвести изображение с наибольшей точностью. Более подробно о вычислении локальных признаков самоподобия описано в [5-8].

Вычисление характерных участков цифровых изображений

Можно предположить, что два изображения одного класса описываются одинаковыми участками, и наиболее самоподобные обла-

сти одного изображения данного класса должны встречаться в других изображениях данного класса.

Согласно фрактальной модели, можно говорить об участках изображения – доменных блоках, – которые наиболее часто встречаются на изображении или с помощью которых можно с наибольшей точностью описать изображение. Здесь, наиболее часто используемые доменные блоки являются наиболее характерными участками изображения. Пример характерных участков представлен на рисунке 1.

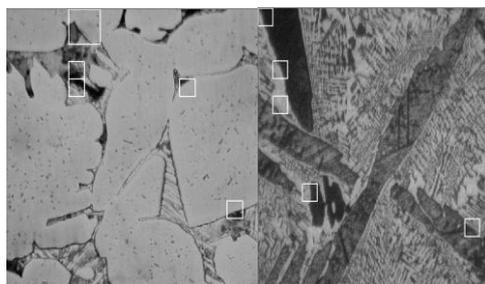


Рисунок 1 – Характерные участки тестовых изображений микроструктур металлов

Алгоритм формирования списка таких участков следующий. Вначале производится вычисление фрактальных параметров изображения с использованием всех доменных блоков. Вычисляется максимальная ошибка аппроксимации ранговых блоков:

$$\varepsilon_{\max} = \max_{R_i} \varepsilon_i \quad (1)$$

При вычислении фрактальных параметров с использованием всех доменных блоков ошибка ε_{\max} является минимальной. Определяется доменный блок, который встречается на изображении максимальное количество раз. Он записывается в список характерных участков и исключается из списка доменных блоков. Затем осуществляется повторное формирование фрактального кода, при этом доменный блок, который встречается на изображении максимальное количество раз, также записывается в список характерных участков. Так как, на предыдущей итерации из списка доменных блоков был удален характерный участок, то ошибка описания изображения оставшимися доменными блоками возрастет. Так повторяется до тех пор, пока ошибка описания не будет значительно выше минимальной. В конечном итоге получается список характерных участков изображения, наиболее точно его описывающих. Блок-схема алгоритма приведена на рисунке 2.

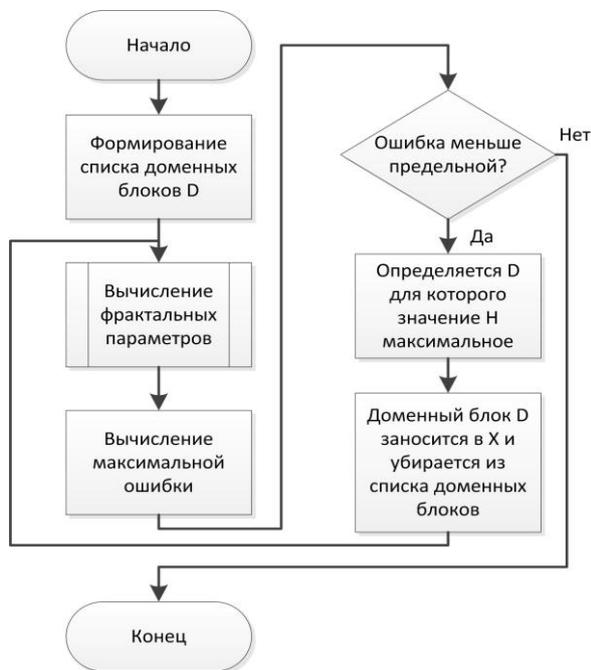


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма формирования характерных участков

Таким образом, каждое изображение характеризуется вектором характерных участ-

ков X . Под характерным участком изображения понимается доменный блок, число раз использования которого во фрактальном коде, больше чем значение ξ :

$$X = \left\{ D_i \mid H^D(i) \leq \xi \right\} \quad (1)$$

Полученные характерные участки цифрового изображения являются новым фрактальным признаком, который можно использовать в различных задачах цифровой обработки изображений.

Алгоритм обнаружения нехарактерных участков

Под нехарактерным участком на изображении понимается участок, который не должен присутствовать на данном изображении, например, разлом на изображении микроструктуры металла, посторонний предмет на поле на аэрофотоснимке и т.п. Задача поиска таких участков на изображениях является актуальной в металлографии для поиска дефектов на поверхностях материалов, в радиолокации для поиска посторонних объектов, в медицине для обнаружения посторонних тел в крови и других областях, в которых активно применяется обработка изображений.

Для обнаружения нехарактерных блоков на изображении осуществляется формирование фрактального кода с помощью списка характерных участков вместо доменных блоков.

Фрактальное кодирование из-за использования аппроксимации подразумевает потерю информации, так как существует ошибка аппроксимации ранговых блоков доменными блоками [3-4]:

$$R_i = w_i(D_j) + \xi_i \quad (2)$$

В других задачах этой ошибкой можно пренебречь, в силу того, что используется фрактальный код изображения, без необходимости декодирования. В данной задаче необходимо получить вектор $\{\xi\} = \{\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k\}$, $k = \overline{1, N_R}$, тогда можно получить двумерную функцию $\Theta(x, y)$:

$$\Theta(x, y) = \{\xi_i \mid (x, y) \in R_i\} \quad (3)$$

В результате получается трехмерная диаграмма, показывающая, насколько хорошо каждый блок изображения аппроксимируется характерными участками (рисунок 3).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ПРИЗНАКОВ САМОПОДОБИЯ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ДЕФЕКТОСКОПИИ

Проводя пороговую обработку полученной диаграммы, можно установить наличие и местоположение участков изображения плохо описываемых с помощью характерных участков.

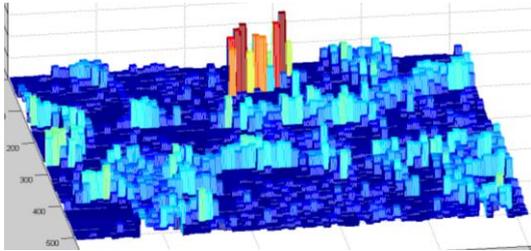


Рисунок 3 – Диаграмма ошибки аппроксимации

Классификация дефектов поверхности листового проката

Дефекты поверхности листового проката, можно разделить на 3 группы:

1. дефекты листов и труб металлургического происхождения, обусловленные нарушениями технологии выплавки или разлива стали или производства проката, включая дефекты, образовавшиеся по причине выпадения инородных частиц из основного металла труб (рисунок 4).
2. дефекты, образовавшиеся в процессе производства проката, транспортировки и складирования листа (механические повреждения).
3. дефекты, образующиеся (обнаруженные) на поверхности труб в процессе трубного передела.

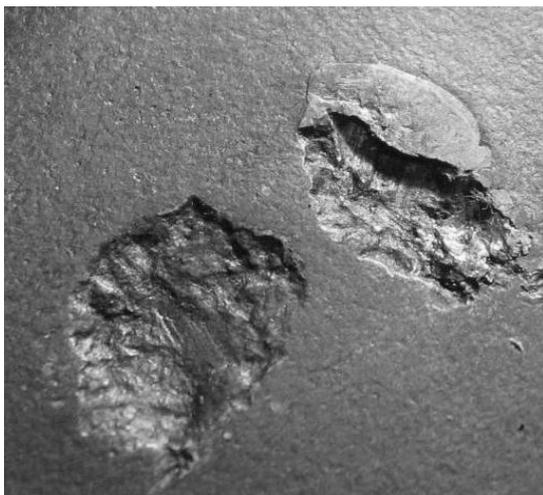


Рисунок 4 – Пример дефекта, обусловленного нарушением технологии выплавки

Единственным методом обнаружения дефектов поверхности листа на производстве, является визуальный осмотр заготовок человеком. Преимуществом данного метода является:

- несение личной ответственности за качество осмотра заготовок человеком;
- отсутствие сложных устройств;
- совмещение задач обнаружения, замера и ремонта дефекта.
- Недостатками данного метода являются:
- Человеческий фактор. Производство ведется непрерывно. Поэтому работа ведется в 3 смены: с утра, с обеда и в ночь. Смена длится 8 часов. Поэтому внимание человека может притупляться, глаз «замыливаться». Что ведет к пропускам дефектов. Особенно это актуально в ночное время.
- Недостаточность времени на более тщательный осмотр. Так как оборудование работает в автоматическом режиме, то процесс производства заметно ускоряется. Так, например производительность ПШФ составляет 6-8 минут на заготовку. Таким образом, на смотровой площадке у оператора остается не более 5 минут на выполнение всех возложенных на него обязанностей (6 замеров геометрии заготовки, осмотр внутренней поверхности заготовки, осмотр наружной поверхности заготовки, осмотр фаски, при необходимости замер дефекта и если возможно его ремонт).
- За время от получения дефекта до его обнаружения, агрегат, на котором возник дефект, может сделать еще несколько заготовок с тем же дефектом. Например, от КФС до смотровой площадки помещается порядка 10 листов. При налипании стружки на ролик, существует высокая вероятность того, что на всех 10 листах обнаружится такой же дефект. Что может привести к отбраковке 10 труб, вместо одной.

Экспериментальные исследования

При использовании признака в задачах распознавания образов необходимо его инвариантное поведение относительно различных преобразований, например, таких как преобразование изменения яркости и поворота изображения. Согласно ранее проведенному исследованию распределение само-

подобия на изображении является инвариантным признаком.

Для исследования работы алгоритма обнаружения нехарактерных участков, используя локальные признаки самоподобия, были взяты реальные изображения поверхности листового проката размерами 512×512 пикселей. Изображения были сгруппированы по классам, соответствующим материалу, из которого изготовлены листы. Для каждого класса были сформированы эталонные характеристики участки и рассчитаны коэффициенты уравнений, описывающих характер распределения самоподобия, для чего использовались изображения, не содержащие дефекты.

Для каждого тестового изображения выполняется формирование фрактального кода, однако в качестве списка доменных блоков выступает набор эталонных характерных участков изображения того же класса, что и тестового изображения. В результате получается матрица, содержащая ошибки аппроксимации ранговых блоков характерными участками класса.

Для обнаружения нехарактерных участков осуществляется пороговая обработка полученных матриц. Очевидно, что наибольшие трудности вызывает выбор наилучшего (по выбранному критерию) значения порога. В работе в качестве порога используется утроенное среднеквадратическое отклонение.

Результаты обнаружения нехарактерных участков нескольких изображений приведены на рисунке 5.

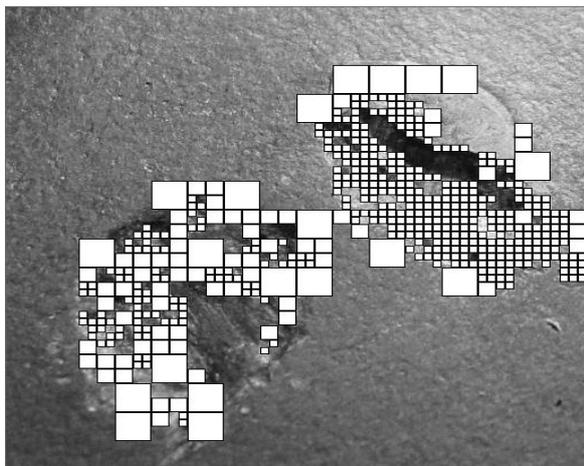


Рисунок 5 – Пример выделения дефектов с использованием локальных признаков самоподобия

В ходе исследования были проанализировано 20 изображений, содержащих дефекты, сгруппированные в 6 классов. Было выявлено, что в 85% случаев наблюдается успешное обнаружение дефекта.

Кроме этого было проведено исследование устойчивости работы алгоритма на искажение изображения. Локальные признаки самоподобия, как фрактальные признаки, показывают высокую устойчивость к линейным изменениям гистограммы и наложению равномерного шума на исходное изображение.

Выводы

В результате исследования было определено, что разработанный алгоритм формирования нехарактерных участков цифровых изображений на основе распределения самоподобия может применяться для решения задач дефектоскопии. Это подтверждается высокими результатами работы на тестовых изображениях. Кроме того, устойчивость фрактальных признаков к изменениям гистограммы изображения позволяет использовать описанный алгоритм в системах технического зрения, установленных в реальных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Потапов А.А. Новейшие методы обработки изображений. [Текст] /А.А. Потапов/ - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 496с.
2. Уэлстид, С. Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии. Учебное пособие. [Текст] /С.Уэлстид/ - М.: Издательство Триумф, 2003 - 320 с.: ил.
3. Привезенцев, Д.Г. Модель цифрового изображения с использованием систем итерируемых функций. [Текст] / Д.Г. Привезенцев// - Информационные технологии моделирования и управления. – 2010. – №6(65) – С. 761-769.
4. Привезенцев, Д.Г. Фрактальная модель цифрового изображения. [Текст] / Д.Г. Привезенцев, А.Л. Жизняков // Алгоритмы, методы и системы обработки данных: сб. науч. тр. Издательско-полиграфический центр МИ ВЛГУ. – 2010. – Вып. 15. – с.147-152.
5. Привезенцев, Д.Г. Распределение самоподобия на цифровом изображении. [Текст] / Д.Г. Привезенцев, А.Л. Жизняков // - Известия высших учебных заведений. Приборостроение. Изд. ФГБОУ ВПО "Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики". – 2012. - №2. – с. 37-32
6. Привезенцев, Д.Г. Выделение локальных признаков самоподобия цифрового изображения.

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 3/2, 2012

ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОПТИКО-ТЕЛЕВИЗИОННЫМИ И РЕНТГЕНОВСКИМИ ДИАГНОСТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

[Текст] / Д.Г. Привезенцев, А.Л. Жизняков // - Методы и устройства передачи и обработки информации. Издательско-полиграфический центр ВлГУ. – 2010. – №12. – с. 54-58

7. Жизняков, А.Л. Классификация изображений на основе локальных признаков самоподобия. [Текст] / А.Л. Жизняков, Д.Г. Привезенцев, А.А. Фомин // - Ползуновский вестник. - 2011. - № 3, Ч. 1. - С. 12-14.
8. Привезенцев, Д.Г. Применение фрактальных методов в обработке изображений и сигналов [Текст] / Д.Г.Привезенцев, А.Л. Жизняков, А.А.

Баранов // - Алгоритмы, методы и системы обработки данных: сб. науч. тр. Издательско-полиграфический центр МИ ВЛГУ. – 2009. – Вып. 14. – с.133-141.

Зав. каф. «САПР ЭС», зам. директора по научной работе д.т.н., проф., А.Л. Жизняков - lvovich@newmail.ru; аспирант Д.Г. Привезенцев – dgprivezencev@mail.ru – 8(49234)77236, ГОУ ВПО «Владимирский государственный университет» Муромский институт (филиал).

УДК 608.2

ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОПТИКО-ТЕЛЕВИЗИОННЫМИ И РЕНТГЕНОВСКИМИ ДИАГНОСТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

В.И. Сырямкин, В.А. Бородин, А.В. Осипов

Рассматриваются алгоритмы обработки и анализа изображений опτικο-телевизионными и рентгеновскими диагностическими системами: фрактальные, на основе Вейвлет-преобразования, корреляционно-статистические.

Ключевые слова: обработка изображений, анализ изображений, диагностическая система, рентгеновская томография, корреляционный анализ, вейвлет, фрактальные алгоритмы

Введение

Практическое применение опτικο-телевизионных и рентгеновских диагностических систем требует решения задач обработки, анализа и распознавания полученных изображений материалов [1-4].

В статье описываются практические результаты применения алгоритмов обработки и анализа изображений в подобных системах [3, 4].

Процесс распознавания изображения традиционно разделяется на предобработку изображения, выделение информационных признаков (или сегментацию) изображения и отнесение изображения к определенному классу (распознавание) на основе данных, полученных на предыдущих этапах.

Ниже рассматриваются алгоритмы, использующиеся коллективом авторов для решения поставленных задач: спектральные на основе Вейвлет-преобразования (предобработка, сегментация и выделение информационных признаков), фрактальные (распознавание) и корреляционные статистические (распознавание).

Фрактальные алгоритмы аттестации и неразрушающего контроля

Применение фрактальной геометрии дает эффективный инструмент в изучении сильно неровных поверхностей. Она нашла особое применение в описании свойств поверхностей разрушения, где фрактальная размерность (ФР) была использована как количественный индикатор шероховатости разрушаемой поверхности или ее профиля.

Использование методов измерения ФР было вызвано главным образом потребностью в получении достоверной численной информации о механическом состоянии материала под нагрузкой. Подобный подход позволяет определять степень деформации с помощью численной характеристики, получаемой на основе анализа субструктуры, наблюдаемой на поверхности материала под нагрузкой.

Метод нормированного размаха (R/S-отношения)

Способ расчета фрактальной размерности методом нормированного размаха (R/S-отношения) базируется на положении о том, что многие временные ряды можно исследо-