

А.Г. Деревянченко, д-р техн. наук, О.Ю. Бабилунга, канд. техн. наук,  
Д.А. Криницын, И.В. Вахромеев Одесса, Украина

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЗОН ИЗНОСА В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖАНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ИНСТРУМЕНТОВ

*Quality improvement of cutting tool wear zones images processing in systems for their working efficiency maintenance. Methods of quality improvement of cutting tool wear zones images processing in systems for their working efficiency maintenance are considered.*

Качество автоматизированного диагностирования состояний режущих инструментов (РИ) в значительной степени зависит от качества первичных и вторичных образов их зон износа, формируемых в соответствующих системах поддержания работоспособности (СПР РИ). В таких комплексах все более широкое применение находят системы технического зрения (СТЗ) [1]. В процессах формирования образов зон износа РИ важная роль принадлежит операции повышения контрастности соответствующих изображений и выделения их контуров.

Целью настоящей статьи является изложение результатов выбора методов повышения контрастности изображений зон износа РИ, формируемых СТЗ, и повышения качества выделения их контуров.

Тематике обработки изображений посвящена обширная литература [2 - 9], среди которой наиболее близкими к тематике статьи являются работы [6 - 9]. Анализ публикаций по вопросам повышения контрастности изображений показал целесообразность применения методов, основанных на так называемых гистограммных преобразованиях и выравнивании гистограмм [9]. Они включают методы глобального преобразования контраста (абсолютного, относительного и взвешенного контрастирования) и локального преобразования контраста [6 - 8] (линейного, модифицированного линейного и нелинейного преобразования контраста).

На рис. 1.а приведено изображение зоны износа  $A_2^T$  задних поверхностей резца, включающее "фон" – неизношенные участки главной ( $L_1^T$ ) и вспомогательной ( $L_{21}^T$ ) задних поверхностей, участок изношенной передней поверхности ( $L_1^T$ ) и зону режущей кромки ( $A_1^T$ ). На рис. 1.б показана соответствующая гистограмма.

Поверхности режущей части резца для тонкого точения характерны сложной формой, что не позволяет в ряде случаев контроля добиться равномерного освещения зон износа и их окрестностей, что приводит к существенным погрешностям при выделении соответствующих контуров. Поэтому и возникает необходимость повышения контрастности изображения зон износа.

Контрастирование изображений проводится в первую очередь в автоматизированных системах, когда в оценке состояния РИ принимает участие эксперт. При применении более простых алгоритмов выделения контуров зон износа РИ, обеспечивающих высокое быстродействие при некоторых потерях качества, контрастирование также актуально.

На рис. 2 – 7 приведены результаты контрастирования исходного изображения названными выше шестью методами с использованием специальной программы.

В правом окне каждого из изображений рабочей панели приведена гистограмма, преобразованная с использованием одного из шести названных выше методов.

В левом каждого из изображений рабочей панели приведено изображение, сформированное в результате соответствующего преобразования.

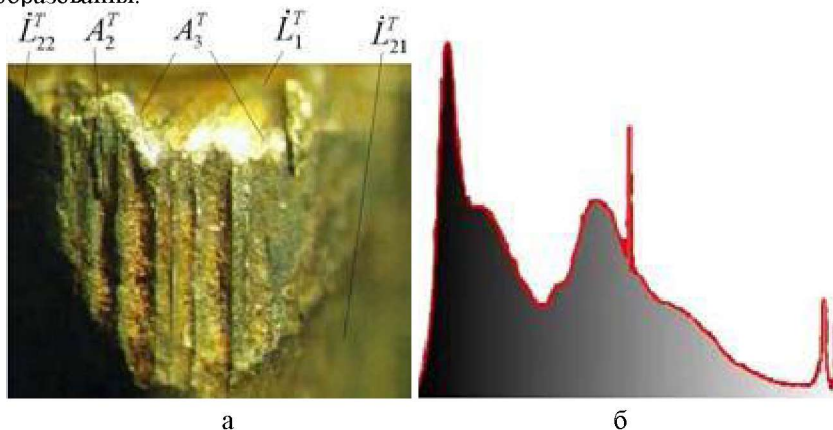


Рис. 1. Исходное изображение изношенной задней поверхности резца (а) и соответствующая гистограмма значений яркости (б)

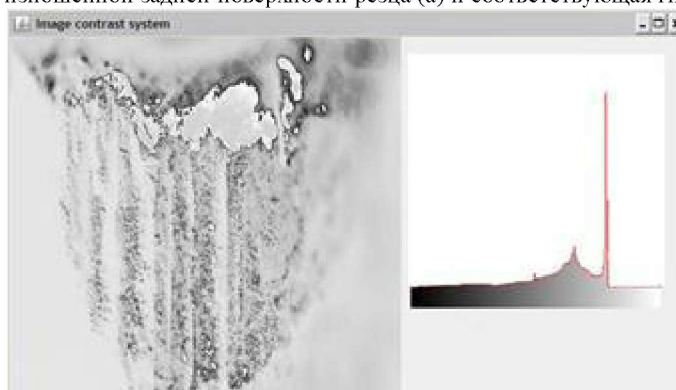


Рис. 2. Преобразование изображения РЧ РИ с использованием алгоритма абсолютного контрастирования

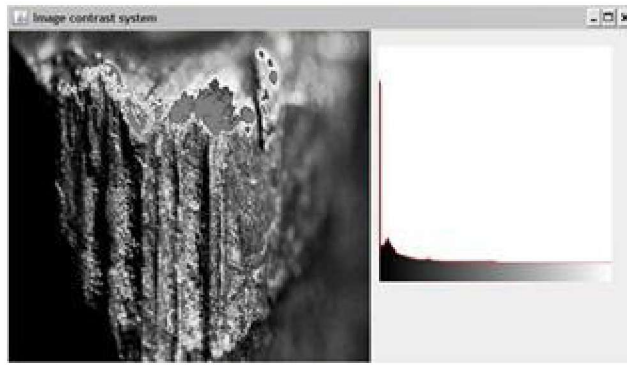


Рис. 3. Преобразование изображения РЧ РИ с использованием алгоритма относительного контрастирования

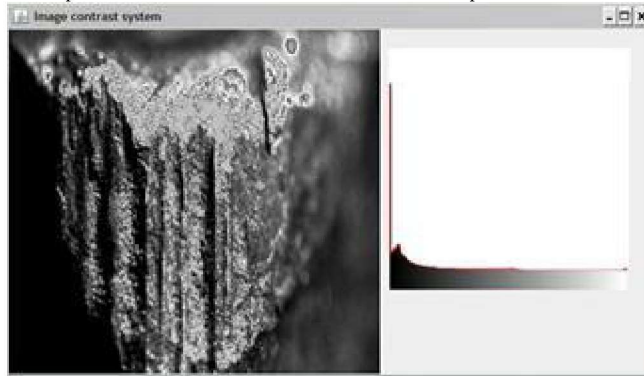


Рис. 4. Преобразование изображения РЧ РИ с использованием алгоритма взвешенного контрастирования

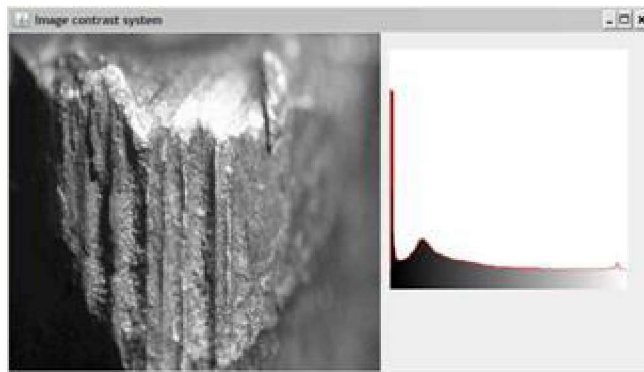


Рис. 5. Преобразование изображения РЧ РИ с использованием алгоритма линейного контрастирования

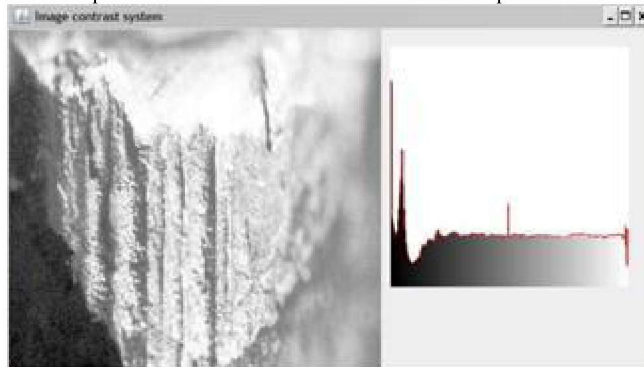


Рис. 6. Преобразование изображения РЧ РИ с использованием алгоритма модифицированного линейного контрастирования.

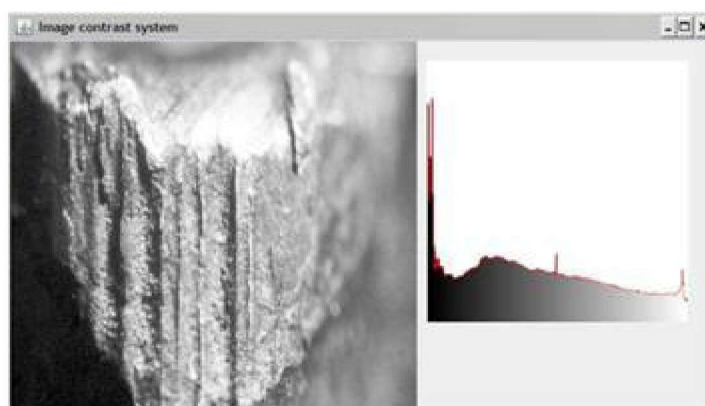


Рис. 7. Преобразование изображения РЧ РИ с использованием нелинейного контрастирования.

Проведенные исследования показали, что алгоритм взвешенного контрастирования обеспечивает наилучшее качество выделения контуров. Для выделения текстурных составляющих зон износа, отображающих характер развивающихся дефектов и микродефектов, предпочтительным является алгоритм модифицированного линейного контрастирования. В автоматических системах после этапа контрастирования выполняется бинаризация изображения для упрощения выделения контура зоны износа. Кроме того, часто применяются морфологические операции обработки изображения – для коррекции его локальных дефектов.

Перейдем к рассмотрению метода выделения контура по бинарному изображению зоны износа. Известно множество различных алгоритмов нахождения контуров [2-5]. Практика выделения контуров зон износа РИ (в основном резцов) для прецизионной обработки [1] с использованием алгоритмов работы [2] показала, что в ряде случаев они содержат разрывы, петли, участки повышенной ширины (более одного пиксела – рис. 8. а, б). Это приводит к появлению ряда погрешностей в определении формы, площади зоны износа РИ – особенно при небольших ее размерах (на начальной стадии износа инструмента). Поэтому для дальнейшей обработки выбран известный алгоритм, получивший название «Radial Sweep» [10] вследствие высокой скорости работы и простоты реализации. Повышения качества контура можно достичь путем исключения всех его элементов, не удовлетворяющих условию наличия как минимум двух соседних (и, главное – рядом расположенных) точек изображения зоны износа. На рис. 8.в приведена модель “ориентированной” точки  $p$ , которая используется для модификации алгоритма. Представление точки только двумя декартовыми координатами приводит к значительным погрешностям выделения контура вследствие некорректного завершения процесса его выделения.

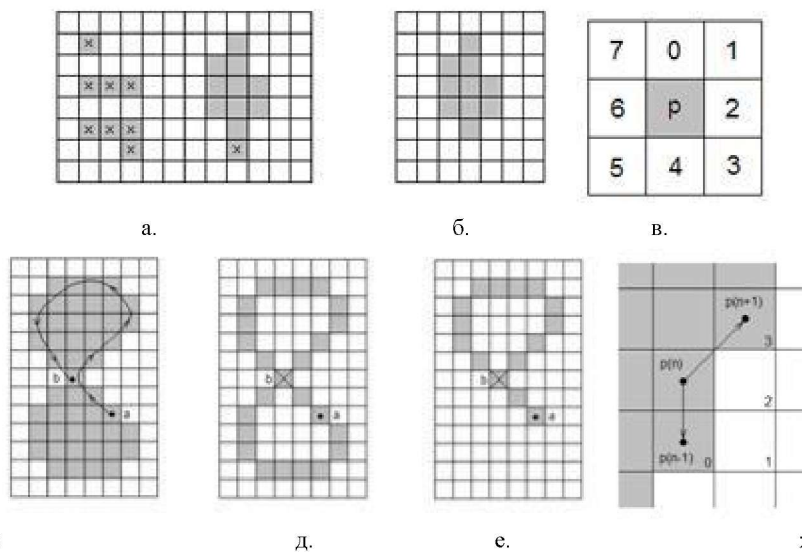


Рис. 8. Особенности строения фрагментов контуров зон износа РИ и пример работы алгоритма фильтрации контура (а, б - погрешности фрагментов контуров; в – “ориентированная” точка контура и ее окрестности; г, д, е, ж - схемы выделения фрагмента контура в районе “критической” точки)

Например, при наличии двух контуров, соединенных лишь одной точкой (например – контуры двух соседних лунок – следов адгезионных вырывов), возникает ситуация, отображенная на рис. 8.г - е. Предположим что поиск контура однородной области зоны износа РИ (рис. 8. г) начинается с точки «а» и продолжается вдоль кривой линии в направлении стрелок. Алгоритм проходит «критическую» точку «б» первый раз, и приходит в неё вторично, однако эта точка уже находится в контейнере (при “сканировании” изображения зоны износа РИ алгоритмом выделения контура каждая найденная его точка помещается в “контейнер”). Поэтому делается вывод о том, что достигнут конец контура. Результат этого процесса представлен на рис. 8.е, хотя должен быть таким, как на рис. 8.д. Устранить причину такого некорректного результата можно, введя дополнительные характеристики точки изображения (рис. 8.в). Кроме декартовых координат, предлагается ввести ещё две числовые характеристики точки (числа, указывающие на ориентацию точки относительно следующей и предыдущей). Для точки  $p(n)$  на рис. 8. ж (исходя из модели точки, предложенной на рис. 8.в), число, указывающее на соседнюю точку, будет 1, а на предыдущую - 4. Так решается проблема неоднозначности. Поэтому окончание обхода контура произойдёт только тогда, когда алгоритм обхода контура «войдёт» в начальную точку «со стороны» точки, предыдущей для неё.

Разработаны соответствующий алгоритм и программа, некоторые результаты работы которой приведены на рис. 9. При их создании использован аппарат аффинных преобразований. Очевидно высокое качество выделения контура зоны износа.

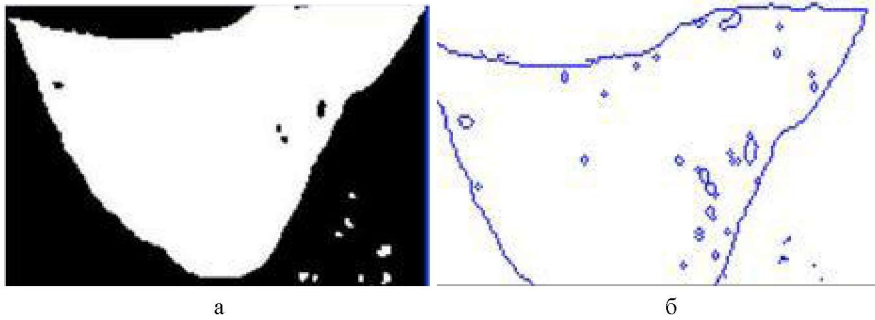


Рис. 9 .Бинарное изображение зоны износа задней поверхности резца (а) и результат выделения контуров зоны износа (б)

На рис. 10 приведен общий вид рабочей панели программного комплекса, созданного с использованием на языке C#. В левом окне панели приведено исходное изображение зоны  $A_2^1$  резца, в правом – выделенный контур со следами вписанной и описанной окружностей. Их радиусы принадлежат к набору признаков формы основного контура (макрodefекта) зоны износа.

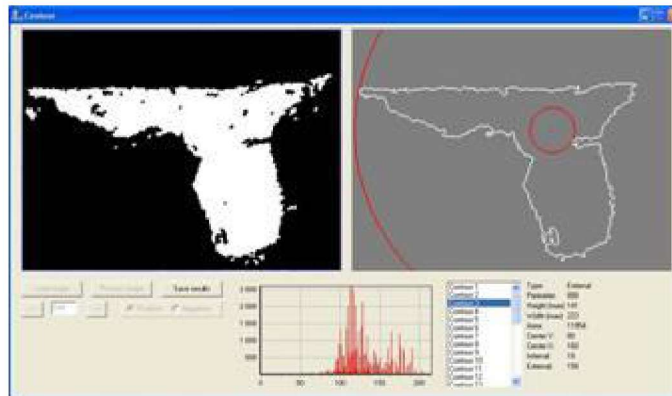


Рис. 10. Общий вид рабочей панели программного комплекса для определения признаков зон износа изношенных поверхностей РИ

В результате проведенных исследований установлено, что алгоритм взвешенного контрастирования обеспечивает наилучшее качество выделения контуров зон износа РИ. Для выделения текстурных составляющих зон износа, отображающих характер развивающихся дефектов и микродефектов, предпочтительным является алгоритм модифицированного линейного контрастирования. Разработан программный комплекс, обеспечивающий качественное выделение контуров зон износа и формирование соответствующих диагностических признаков. По мнению авторов, данные результаты являются перспективными для использования в СПР РИ современных станков класса ГПМ.

**Список литературы:** 1. Деревянченко А.Г., Павленко В.Д., Андреев А.В. Диагностирование состояний режущих инструментов при прецизионной обработке.- Одесса: Астропринт, 1999. – 184 с. 2. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. – Т 2. – М.: Мир, 1982 . 3. Анисимов Б.В., Курганов В.Д., Злобин В.К. Распознавание и цифровая обработка изображений. - М.: Высшая школа. 1983. -295 с. 4. Методы компьютерной обработки изображений / Под ред. В.А. Сойфера – 2-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.– 784 с. 5. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. - М.: Техносфера, 2005. – 1072 с. 6. Frei W. Image Enhancement by histogram hyporbolization/Computer Graphics and Image Processing.- № 6(3), 1987.- P. 286–294. 7. Hummel R.A. Histogram modification techniques Computer Graphics and Image Processing/ № 3(4): 209-224, 1988. 8. Гуров А.А., Порфирьева Н.Н. Вопросы оценки контрастности зображень / Труды ГОИ им. С.И.Вавилова – т. 44, вып. 178. – Л. 1979. – С. 31 – 34. 9. Воробель Р. Глобальні перетворення зображень з використанням контрасту їх елементів/Праці дев'ятої Всеукраїнської Міжнародної конференції "Оброблення сигналів і зображень та розпізнавання образів". – Київ.: ІК АНУ. 2008. – С. 155 – 158. 10. <http://www.imageprocessingplace.com/> contour tracing Aberer Gorge Ghuneim.

Поступила в редколлегию 29.05.09