

Г. А. ПОЛЬТЕ, А. П. САЕНКО

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Рассматриваются пути улучшения и оценки качества изображения методами нечеткой логики, в частности, с помощью известного способа определения границ объекта.

*Ключевые слова:* нечеткая логика, обработка изображений.

**Введение.** Применяемые в настоящее время способы измерения параметров деталей приборов можно разделить на контактные и бесконтактные — по типу взаимодействия с исследуемым объектом. При изготовлении оптических объективов высокого качества любой

контакт с рабочей поверхностью линзы может привести к ухудшению оптических свойств, поэтому в таких случаях предпочтительно использовать бесконтактные методы, основанные на обработке изображений. Так, например, в процессе измерения по такому методу важно правильно определить границы измеряемого объекта, что может быть затруднено из-за недостаточной резкости изображения, наличия теней и шумов. Поэтому одна из важнейших задач исследований заключается в нахождении границ объекта.

**Обработка цифровых изображений с помощью методов нечеткой логики.** В работах [1, 2] рассмотрены основные принципы обработки изображений с использованием методов нечеткой логики, а также указаны их преимущества перед классическими. Изображение рассматривается как нечеткое множество и обрабатывается методами нечеткой логики (рис. 1).

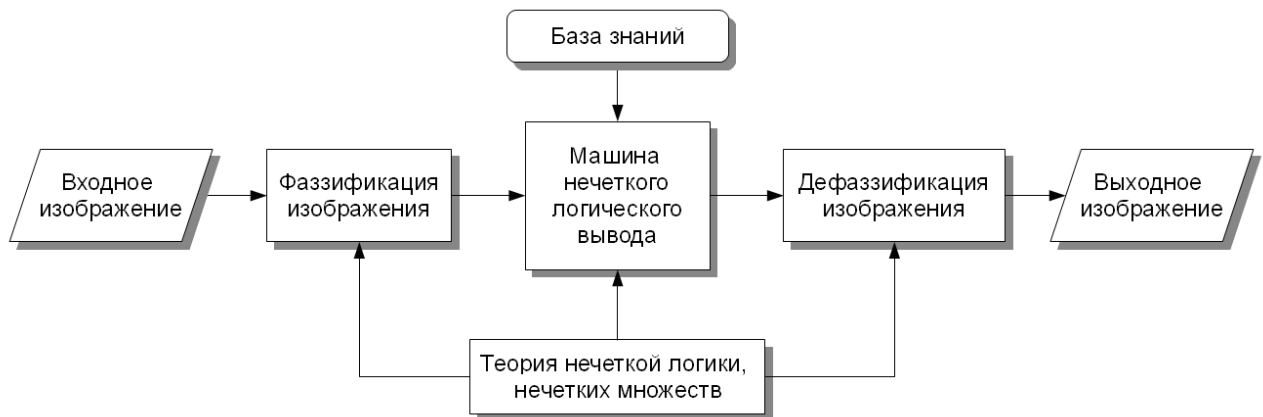


Рис. 1

Вначале происходит фаззификация изображения — преобразование изображения к нечеткому множеству. Далее степень принадлежности элементов нечеткого множества (иными словами, пикселей изображения) изменяется в соответствии с базой нечетких правил. И, наконец, происходит дефаззификация изображения — преобразование значений функций принадлежности в четкие (реальные) значения яркости.

**Определение границ объекта с использованием методов нечеткой логики.** В работе [3] описан способ определения границ объекта с помощью методов нечеткой логики, авторы использовали базу нечетких правил, состоящую из 8 элементов, обозначенных на рис. 2 как № 1—8. Входные переменные системы нечеткого вывода принимали одно из двух нечетких значений: „черное“ или „белое“. Выходная переменная также может принимать одно из двух нечетких значений: „граница“ или „не граница“.

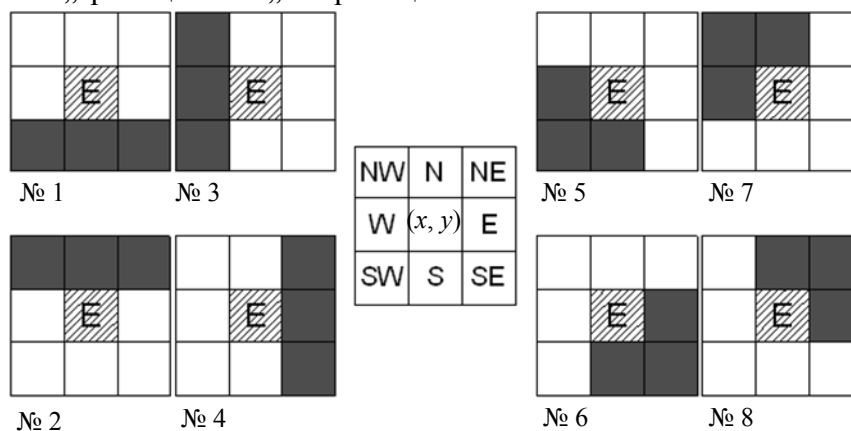


Рис. 2

Авторы настоящей статьи предлагают использовать подобный подход с теми же 8 правилами при обработке изображения, полученного от бесконтактной измерительной системы, с целью повышения его качества. Возможные значения восьми входных и одной выходной

переменных сопоставляются нечеткому множеству, состоящему из двух элементов — „черного“ и „белого“ — с  $Z$ - и  $S$ -образными функциями принадлежности соответственно (рис. 3,  $D$ , у.е. здесь  $I$  — уровень яркости,  $D$  — степень принадлежности цвету: 1 — черному, 2 — белому).

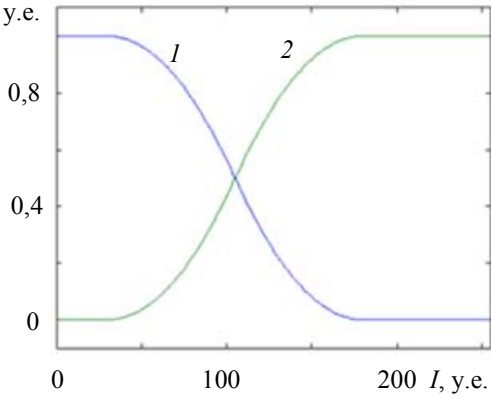


Рис. 3

Далее системой нечеткого вывода анализируется каждый пиксел изображения, после чего ему присваивается новое значение яркости в зависимости от значений яркости восьми соседних пикселов. Результат такой обработки приведен на рис. 4 ( $a$ ,  $b$ ,  $d$  — исходное изображение;  $b$ ,  $z$ ,  $e$  — результат обработки). Из рисунка, в частности, видно, что изображение  $b$ , а также фрагмент изображения  $z$  и функция яркости  $e$  обладают более высокими значениями контрастности и резкости наряду с меньшим

уровнем зашумленности по сравнению с исходным изображением ( $x$  — длина обрабатываемого элемента — точки).

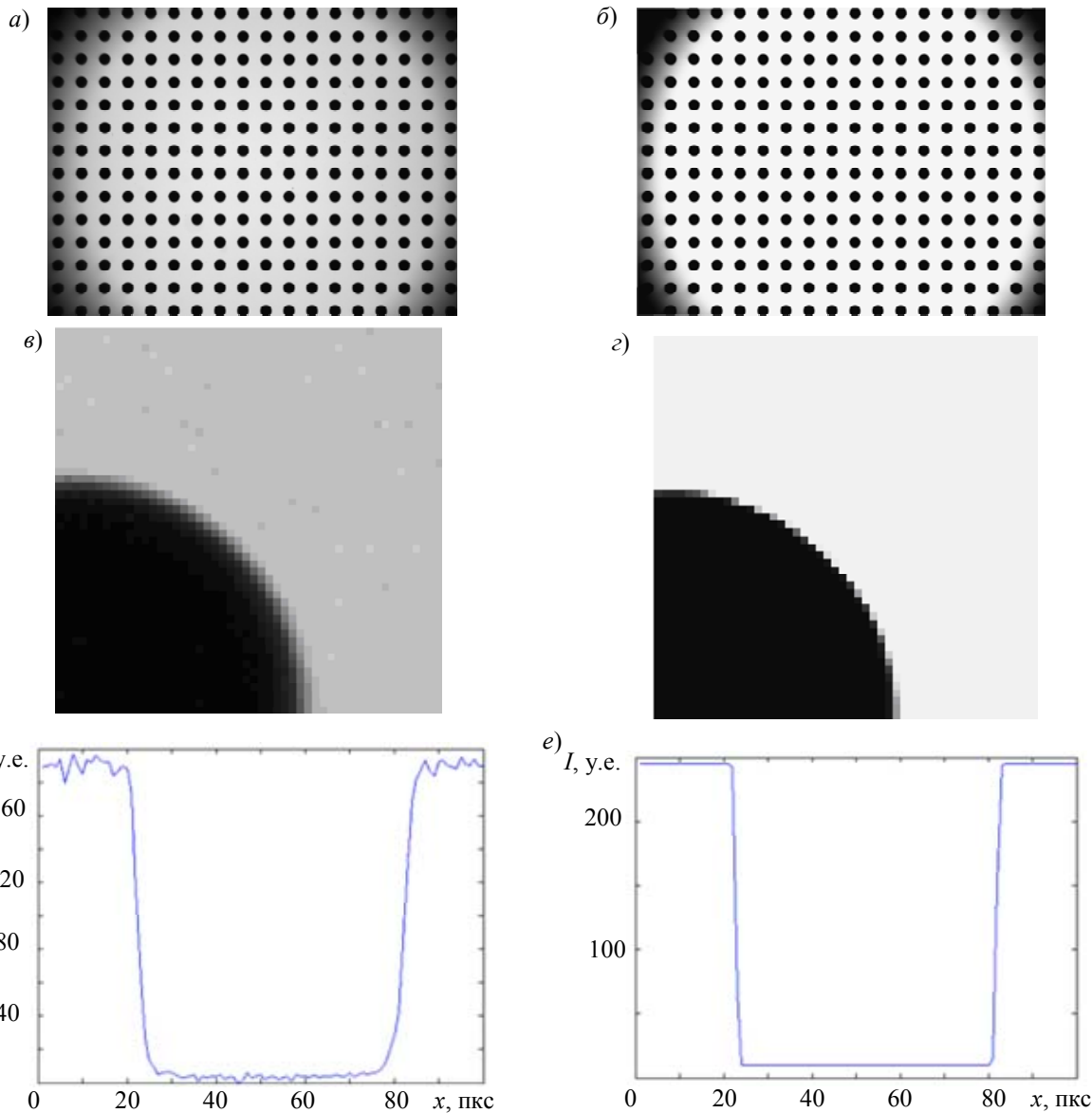


Рис. 4

**Количественная оценка качества изображения методами нечеткой логики.** Качество изображения зависит от многих параметров, основными из которых для черно-белого полутонового изображения являются [4]:

- резкость количественно можно оценить как длину перехода в пикселах;
- контрастность количественно можно оценить как разность максимального и минимального значений яркости изображения;
- шум количественно можно оценить как среднее арифметическое разброса значений яркости на изображении;
- виньетирование количественно можно оценить как контраст между центральной и периферийной областями одного цвета на изображении;
- кривизна поля изображения количественно можно оценить как разность значений резкости фрагментов из периферийной и центральной областей.

Результаты количественной оценки указанных параметров для исходного изображения и полученного после обработки, а также оценка соответствующих характеристик по десятибалльной шкале (0 — наихудший показатель, 10 — наилучший) приведены в табл. 1.

Таблица 1

|                            | Исходное изображение |               | Результат обработки |               |
|----------------------------|----------------------|---------------|---------------------|---------------|
|                            | абсолютное значение  | оценка (0—10) | абсолютное значение | оценка (0—10) |
| Резкость                   | 13                   | 7             | 12                  | 9             |
| Контрастность              | 224                  | 6             | 235                 | 9             |
| Шум                        | 2,22                 | 6             | 2,07                | 7             |
| Виньетирование             | 142                  | 3             | 131                 | 5             |
| Кривизна поля изображения  | 0,5                  | 5             | 0,5                 | 5             |
| Качество изображения (0—5) | 2,67                 |               | 4,23                |               |

Основные параметры изображения используются в качестве входных переменных системы нечеткого вывода для оценки его качества. При этом каждая переменная описывается одним из трех термов: П — „плохо“, У — „удовлетворительно“, Х — „хорошо“. Выходная переменная „качество изображения“ также описывается одним из трех указанных термов. В табл. 2 приведены некоторые правила для определения взаимосвязей между входными и выходной переменными.

Таблица 2

| № | Резкость | Контраст | Шум | Виньетирование | Смещение фокуса | Качество изображения |
|---|----------|----------|-----|----------------|-----------------|----------------------|
| 1 | Х        | Х        | Х   | Х              | Х               | Х                    |
| 2 | П        | П        | П   | П              | П               | П                    |
| 3 | У        | У        | У   | У              | У               | У                    |
| 4 | П        | Х        | Х   | Х              | П               | У                    |

Например, в пакете прикладных программ MatLab правила задаются в виде матрицы следующего вида [5]:

```
ruleList = [...
x1 x2 ... xn y1 y2 ... yn w o ];
```

при этом  $x_1$   $x_2$  ...  $x_n$  — индексы функций принадлежности для соответствующих входных переменных,  $y_1$   $y_2$  ...  $y_n$  — индексы функций принадлежности для соответствующих выходных переменных,  $w$  — вес правила,  $o$  — логический оператор „И“ или „ИЛИ“. Так, правила, приведенные в табл. 2, задаются следующим образом:

```
ruleList = [...
3 3 3 3 3 3 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1
2 2 2 2 2 2 1 1
1 3 3 3 1 2 1 1 ].
```

Результат работы системы нечеткого вывода для количественной оценки качества данных изображений (по пятибалльной шкале от нуля — наихудшего, до пяти — идеального значения качества изображения) составляет 2,67 для исходного и 4,23 — для получившегося изображений.

**Выводы.** Методы нечеткой логики являются мощным инструментом для представления и обработки знаний в виде правил вида „если—то“, системы нечеткого вывода разрабатываются быстрее и получаются более простыми по сравнению с четкими аналогами, в них легко внедряются экспертные знания. Нечеткая логика может быть успешно применена при решении задач обработки изображений, например, для повышения качества изображения и его количественной оценки, что и было продемонстрировано.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kerre E., Nachtegaal M. Fuzzy techniques in image processing. Physica-Verlag, 2000.
2. Tizhoosh H. R. Fuzzy-Bildverarbeitung: Einführung in Theorie und Praxis. Springer, 1998.
3. Alshennawy A. A., Aly A. A. Edge Detection in Digital Images Using Fuzzy Logic Technique. World Academy of Science, Engineering and Technology. 2009. N 51.
4. Bovik A. C. Handbook of Image and Video Processing. Elsevier, 2005.
5. Штовба С. Д. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб: БХВ-Петербург, 2005.

#### *Сведения об авторах*

- Галина Александровна Польше** — аспирант; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра мехатроники; E-mail: galinkan@rambler.ru
- Алексей Петрович Саенко** — аспирант; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра мехатроники; E-mail: alexey.saenko@gmail.com

Рекомендована кафедрой  
мехатроники

Поступила в редакцию  
05.10.10 г.