

УДК 535.317.1

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТНОШЕНИЯ СИГНАЛ/ПОМЕХА ПРИ ОПОЗНАВАНИИ ЗНАКОВ ПЕЧАТНОГО ТЕКСТА

Шубников Е. И., Кулешов А. М., Смаева С. А.

Теоретически и экспериментально определено отношение сигнал / помеха при корреляционном опознавании знаков печатного текста. Показано, что даже для такого существенно упорядоченного и неоднородного изображения можно использовать интерпретацию случайным полем и применить для оценки отношения сигнал / помеха корреляционную теорию.

В [1] было рассчитано отношение сигнал/помеха при корреляционном сравнении изображений на основе применения корреляционной теории к изображению как части случайного поля.

Наибольшей формальной трудностью при применении полученных результатов является обоснование случайности в обрабатываемом изображении. В данной работе указанный подход будет использован при опознавании знаков печатного текста, которые с точки зрения обоснования случайности являются «неудобными» изображениями, и, кроме того, печатный текст не является изотропным изображением. Тем не менее для него получаются удовлетворительные результаты.

Для корреляционного сравнения использовался когерентный оптический коррелятор с голографическим фильтром Вандер Люгта [2], ввод изображения осуществлялся на фотопленке с размером кадра 40×40 мм², голографические фильтры записывались на слоях ПЭ-2 и для анализа поля корреляции использо-

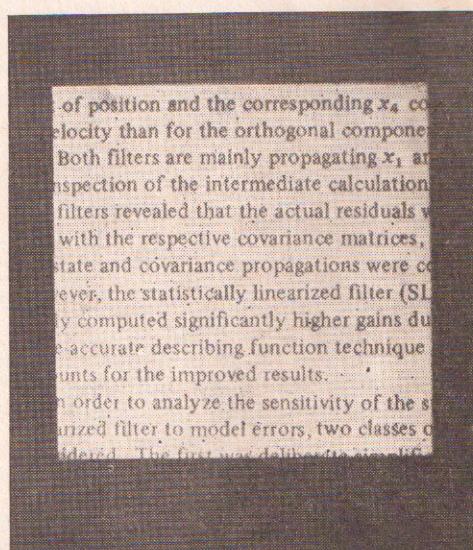


Рис. 1. Участок текста, использовавшийся в экспериментах.

вался диссектор с разрешением 30 мкм. Фокусное расстояние объективов Фурье в корреляторе равнялось 1 м.

Для экспериментов использовался участок текста, представленный на рис. 1, с высотой строки $h=1.5$ мм. Опознавался знак a площадью $S_a=0.667h^2$. Поскольку знаки печатного текста сильно коррелированы, дифрагированная энергия меняется не только для различных знаков, но и для одного знака из-за различного качества оттиска, а ее нормировка в данной задаче при использовании голографического коррелятора технически затруднительна, то для улучшения дискриминационной способности следует повышать отношение сигнал/помеха за счет уменьшения радиуса корреляции изображения. Радиус корреляции уменьшался при записи голографического фильтра путем фильтрации низких частот пространственного спектра за счет смещения частоты оптимизации филь-

тра в сторону верхних частот до $f_0 h = 1.26$ (для направления 45°) и переэкспозиции на более низких частотах.

Согласно [1], отношение сигнал/помеха по мощности при достаточно больших S_a/S_k и гауссовой функции корреляции изображения определяется как $V_0 = \langle K(0, 0) \rangle^2 / \mu^2 \approx (\pi/2)(S_a/S_k)$, где $\langle K(0, 0) \rangle$ — среднее значение сигнальной функции в максимуме, μ^2 — средний квадрат помехи, S_a — площадь опознаваемого изображения, S_k — площадь корреляции обрабатываемого изображения, рассматриваемого как участок случайного поля. Для определения S_k записывалась голограмма всего участка текста при указанной частоте оптимизации и находились сечения главного максимума функции автокорреляции в горизонтальном (вдоль строки) и вертикальном направлениях, а также под углом 45° , причем радиусы корреляции в вертикальном и горизонтальном направлениях отличались почти в 3 раза. Проверка показала, что сечения главного лепестка функции автокорреляции при данной степени дифференцирования, за исключением вертикального направления, близки к гауссовым, поэтому оценка

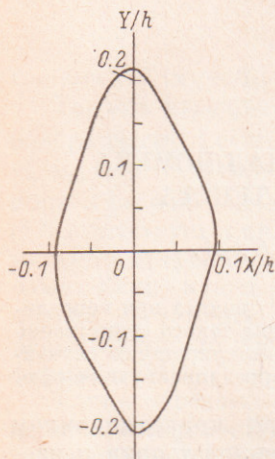


Рис. 2. Горизонтальное сечение главного лепестка функции автокорреляции по уровню 0.46.

радиуса корреляции осуществлялась по уровню 0.46. Поскольку фотоприемник регистрирует квадрат функции, то использовался уровень 0.21. Соответствующие значения нормированных радиусов составили $r_{k \text{ гop}}/h = 0.087$, $r_{k \text{ верт}}/h = 0.23$ и $r_{k 45^\circ}/h = 0.13$, что приблизительно в 4 раза меньше радиусов корреляции до дифференцирования.

На рис. 2 представлено сечение главного лепестка функции автокорреляции по уровню 0.46. Площадь этого сечения равна $0.0707h^2$, эта величина и была

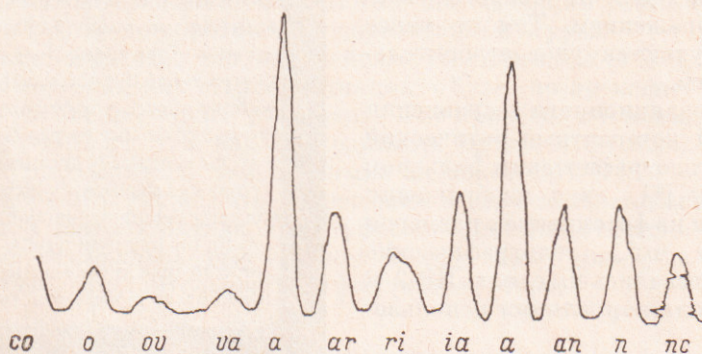


Рис. 3. Сечение поля корреляции по центру строки.

принята в качестве оценки площади корреляции случайного поля. Таким образом, теоретическое отношение сигнал/помеха при опознавании знака *a* и использованной степени дифференцирования составляет, согласно приведенной формуле, 14.8.

Для экспериментального определения этого отношения сначала по 23 знакам печатного текста оценивалось среднее значение максимума сигнала, флуктуации которого определялись главным образом качеством оттиска. Для использованного вычислителя и канала регистрации $\langle K(0, 0) \rangle = 3.5 \text{ мВ}^{0.5}$, учитывая, что голографический коррелятор выполняет вычисления для амплитуды светового поля, а регистрация осуществляется квадратичным приемником. При этом относительная дисперсия сигнала составила 0.007.

Затем определялся средний квадрат помехи. Для этого брались фотометрические разрезы поля корреляции вдоль строк текста и эти сечения смещались

с небольшим шагом по тексту, охватывая как строки, так и промежутки между ними. Поскольку фототок с выхода диссектора уже пропорционален квадрату сигнала взаимной корреляции, то для усреднения необходимо применить лишь интегрирование. В качестве интегратора использовался вольтметр постоянного тока. Показания вольтметра от каждой строки также усреднялись. Для данного канала регистрации средний квадрат помехи составил $\mu^2 = 1$ мВ. Следовательно, экспериментальное отношение сигнал/помеха равно 12.3, что лишь на 17 % отличается от теоретического.

Таким образом, даже для такого существенно упорядоченного изображения, каковым является печатный текст, можно использовать интерпретацию случайным полем и применить для расчета корреляционную теорию.

Следует отметить, что само по себе отношение сигнал/помеха еще не вполне характеризует дискриминационную способность системы опознавания. Необходимо знать также распределение сигналов и помех на выходе коррелятора. Для читающего автомата, где съем информации осуществляется только по центрам строк, т. е. в месте максимальной помехи, это особенно важно. На рис. 3 приведен фотометрический разрез поля корреляции по центру слова «covariance», над

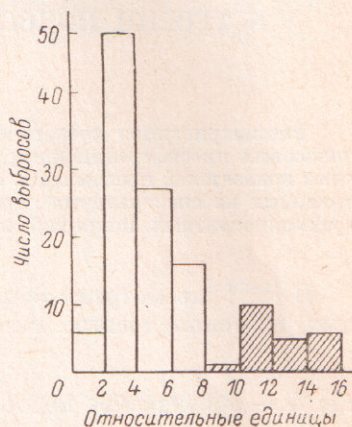


Рис. 4. Распределения сигналов и помех с выхода фотоприемника.

выбросами указан знак или сочетание знаков, которым эти выбросы соответствуют. Видно, что отношение амплитуд сигнальных и максимальных помеховых выбросов составляет около 2.4. На рис. 4 приведены гистограммы распределений сигналов и помех с выхода диссектора, причем количество сигнальных выбросов не соответствует относительной частоте появления знака *a* в тексте. Видно, что распределения практически не перекрываются, т. е. принятая степень дифференцирования достаточна для достоверного выделения знака *a*. Однако для более простых знаков, таких, например, как *i*, *l*, *t* и т. п., это может быть и не так из-за возрастания степени взаимной корреляции. Кроме того, различные знаки дают различную величину дифрагированной энергии, причем относительное среднее квадратическое отклонение этой величины без учета относительной частоты появления знаков в тексте составляет 0.29, а знак *a* имеет дифрагированную энергию, близкую к средней. Отсюда следует, что для практического использования в читающем автомате корреляционного метода опознавания степень дифференцирования изображения следует несколько увеличить.

Литература

- [1] Шубников Е. И. — Опт. и спектр., 1986, т. 61, в. 5.
 [2] Vander Lugt A. — IEE Trans. on information theory, IT-10, 1964, N 2, p. 139.

Поступило в Редакцию 7 апреля 1986 г.