

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РУКОПИСНЫХ ОБРАЗОВ ЧЕЛОВЕКО-МАШИНЫМ КОМПЛЕКСОМ ПРИ ВЫСОКИХ УРОВНЯХ ЗАШУМЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Елфимов А.В. (г. Пенза)
Филиал ОАО «ПНИЭИ» НИП «Аргус»

Современные средства распознавания рукописных образов работают с рукописным текстом, который представлен в виде изображений рукописных символов на белом фоне и максимально контрастностью. Это необходимо потому, что машинные алгоритмы распознавания наиболее эффективно работают без шума в распознаваемых изображениях.

Наличие, а, тем более, большое количество шума в изображениях приводит к тому, что задача распознавания текста, как рукописного, так и печатного, оказывается не под силу только машинным средствам. Неустойчивость алгоритмов распознавания образов к зашумлению изображений в настоящее время используется, например, для блокирования автоматических средств работы с сетью «Интернет».

Для блокирования использования роботов на некоторых веб-страницах человеку предлагается распознать так называемую «капчу» - зашумленный и модифицированный текст и ввести распознанный текст в поле ввода для подтверждения. Изображение текста для распознавания зашумляется и модифицируется таким образом, что для него исключается возможность распознавания чисто машинными способами без участия человека. Однако человек может легко преодолеть граничные уровни зашумления изображений, ограничивающих машинные средства и эффективно распознавать тексты, находящиеся далеко за границей возможностей автоматических средств распознавания. Использование человека для восстановления рукописных образов из зашумленных изображений позволяет преодолеть ограниченность чисто машинных средств распознавания текста и сильно повысить эффективность средств распознавания и преодоления шума.

Покажем возможности восстановления рукописных образов с помощью человека на примере начертания слова «Пенза» в тестовом изображении (рис.1). Изображение на рисунке 1 содержит рукописное начертание, которое можно выделить и преобразовать в динамику рукописного начертания без участия человека.

Однако, при наличии в изображении для распознавания привнесенного в них каким-либо образом шума, системы распознавания без участия человека не могут преобразовать данное изображение в динамику рукописного начертания и

использовать её для распознавания рукописного текста. Изображение с рисунка 1, содержащее привнесенный шум, исключаяющий автоматическое распознавание рукописных образов, приведено на рисунке 2, где слева показано изображение, в которое добавлен шум с распределением гаусса и уровнем в 50%, а справа изображение с тремя случайными штрихами пером. Несмотря на то, что автоматическим средствам не под силу произвести преобразование данных изображений в динамику рукописного начертания, человеку не составляет труда увидеть в этих «испорченных» изображениях правильный путь пера с исходного начертания.

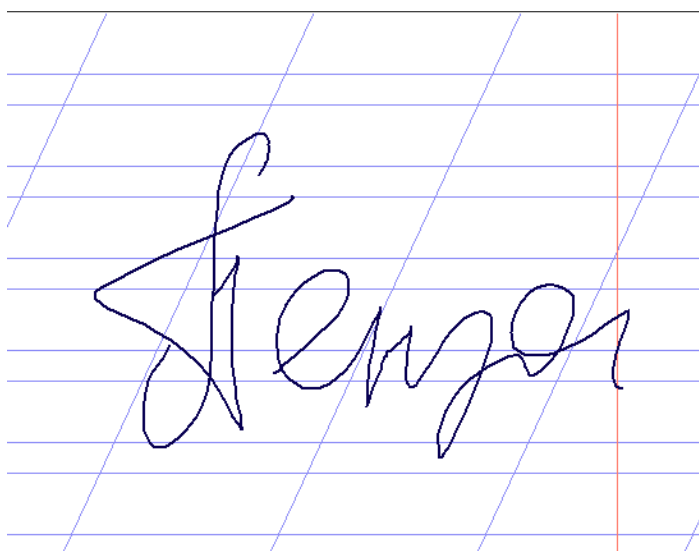


Рис. 1. Рукописный текст, поддающийся автоматическому распознаванию.

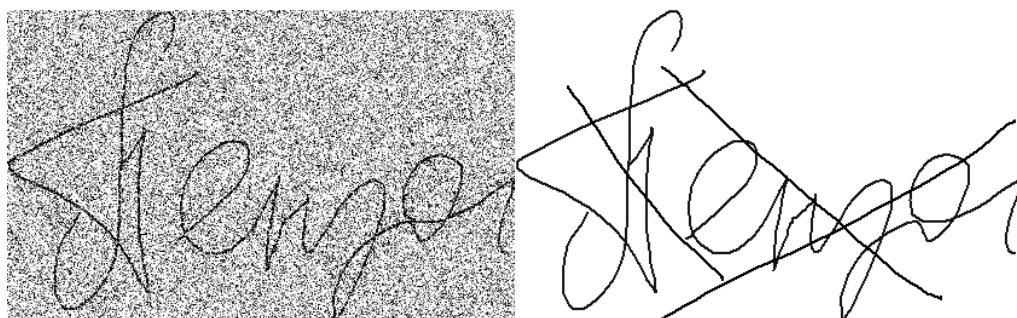


Рис. 2. Рукописный текст, не поддающийся автоматическому распознаванию.

Произведем оценку эффективности восстановления рукописных образов с помощью человека на ряде изображений рукописной буквы «а», сделанной одной рукой. Для этого возьмем изображение буквы и внедрим в это изображение некоторое количество шума. С помощью человека произведем обведение символа из изображения с шумом и выделим, таким образом, из шума динамику движения пера при начертании символа. Далее будем повышать уровень внедряемого шума до тех пор, пока человек не сумеет восстановить путь начертания символа.

Изображение исходного символа без шума показано на рисунке 4, после внедрения шума процесс обведения человеком символа отображен на рисунке 5.



Рис. 4. Исходный символ без шума

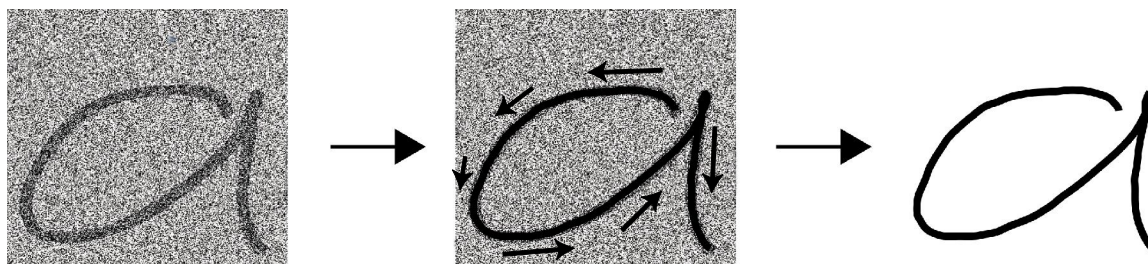


Рис. 5. Восстановление начертания с помощью обведения человеком.

Ниже, на рисунке 6, представлен ряд изображений начертания символа с разрешением 80 пикселей на квадратный сантиметр. В это изображение добавлен шум с распределением гаусса, уровень шума начинается с 25% на изображении а) и увеличивается с каждым следующим изображением слева направо сверху вниз на двадцать пять процентов и достигает в изображении м) трехсот процентов.

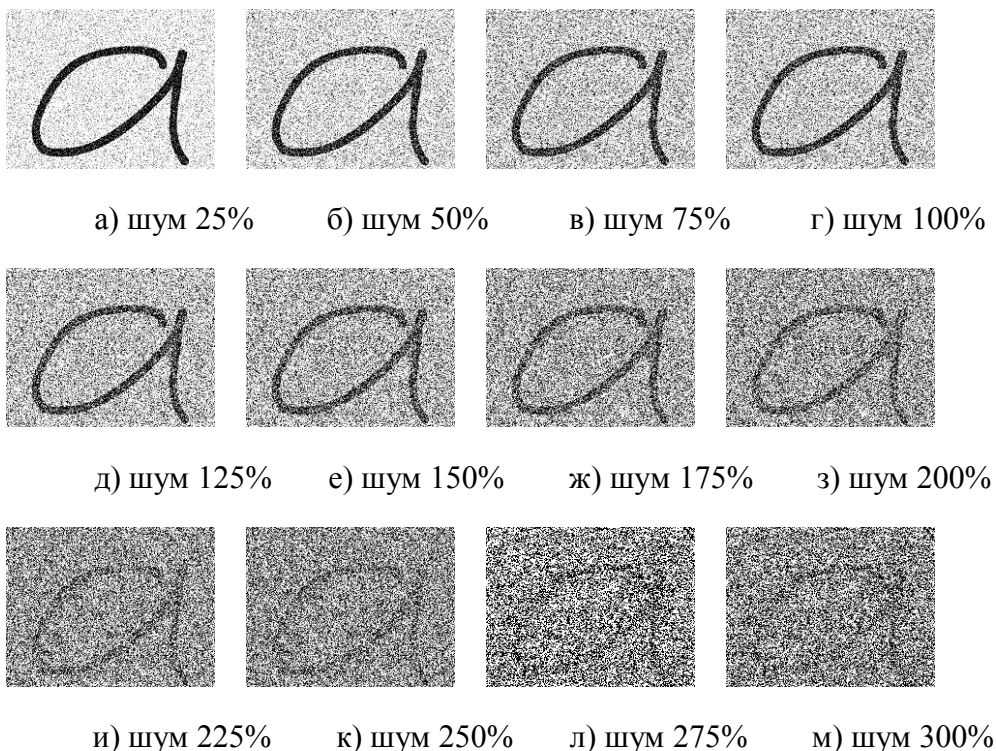


Рис.6. Зашумленные изображения тестового начертания с уровнем шума 25-300%.

Как видно из рисунка 6, человек сохраняет возможность уверенно распознать и произвести восстановление (путем ручного обведения) пути начертания пера

при наличии шума до двухсот процентов. Далее, до двухсот пятидесяти процентов, возможно неуверенное распознавание (лучшее при уменьшении масштаба рисунка) и, после двухсот пятидесяти процентов шума достоверно повторить путь пера на данном разрешении не способен.

На рисунке 6 отображен процесс зашумления изображения с разрешением 80 пикселей на квадратный сантиметр. Кроме оценки эффективности восстановления рукописных образов человеком на данном разрешении были произведены оценки возможности восстановления человеком рукописного текста с зашумленных изображений разрешений ниже и выше 80 пикселей на кв. сантиметр.

При понижении разрешения способность человека противостоять внедренному шуму линейно уменьшается в связи с увеличением зернистости изображения и величины воздействия на него шума. Так, для изображения рукописного символа с разрешением 20 пикселей на квадратный сантиметр, человек не способен восстановить путь пера при начертании этого символа уже при семидесяти пяти процентах внедренного шума. Изображение рукописного символа без шума и с критическим уровнем шума в 75 процентов представлено на рисунке 7.



Рис 7. Чистое и зашумленное изображение символа с низким разрешением.

Однако, при увеличении разрешения изображений распознаваемых символов свыше 80 пикселей на квадратный сантиметр, эффективность человека противостоять шуму и распознавать начертание рукописного текста остается на том же уровне, что и при использовании изображений с разрешением 80 пикселей на квадратный сантиметр. При внедрении в изображения рукописных символов с разрешением свыше 80 пикселей на кв. сантиметр случайного шума с гауссовым распределением, человек охраняет возможность уверенно распознать и произвести восстановление (путем ручного обведения) пути начертания пера при наличии шума до двухсот процентов. На рисунке 8 показано изображение рукописного символа с разрешением 120 пикселей на кв. сантиметр без шума и с критическим уровнем шума в 200 процентов.

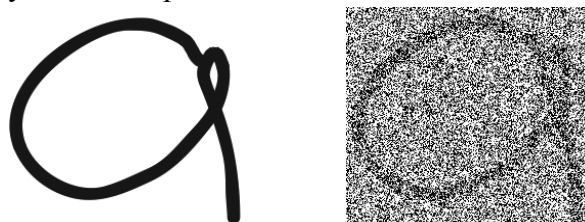


Рис 8. Чистое и зашумленное изображение символа с высоким разрешением.

Таким образом, мы можем с уверенностью сказать, что человек способен распознавать рукописный текст в сильно зашумленных изображениях и отделять

его от привнесенного в эти изображения каким-либо образом шума. При достаточном разрешении исходного изображения уровень шума, которому способен противостоять человек намного превышает возможности любых автоматических систем и для случайного шума в изображениях достигает 200 процентов. Использование человека в человеко-машинных комплексах для противостояния шуму позволит сильно повысить эффективность их работы и улучшить помехоустойчивость не только при распознавании рукописных образов, но и, возможно, в других областях, где требуется устранение помех.

Если мы используем классические коды с обнаружением и исправлением ошибок, то их корректирующая способность практически исчезает при 20% ошибок. То есть, ни один из примеров, приведенных на рисунке 6, не может быть восстановлен, если пользоваться классическими кодами с обнаружением и исправлением ошибок. Человек же способен исправлять ошибки даже при 300% шума. Очевидно, что усиливая интеллектуальную поддержку классических кодов с обнаружением и исправлением ошибок, можно существенно увеличить их корректирующую способность. На данный момент трудно оценить уровень до которого можно поднять корректирующую способность средств восстановления биометрических данных при использовании больших и сверхбольших искусственных нейронных сетей, автоматически обученных по ГОСТ Р 52633.5 на нескольких примерах распознаваемого рукописного образа [3].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Елфимов А.В., Воячек С.А. Идентификация букв отсканированного рукописного текста приказов с использованием функционалов, построенных на псевдинамиках их обхода // Известия высших учебных заведений, Поволжский регион, Технические науки, специальный выпуск. 2007. С. 43–47.
2. Иванов А.И. Биометрическая идентификация личности, по динамике подсознательных движений. Пенза: Издательство Пензенского Государственного Университета, 2000 г., 156 с.
3. Елфимов А. В., Воячек С.А., Качайкин Е.И., Куликов С.В. Обучение нейросетевого идентификатора авторства рукописных текстов // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2009. № 6. С. 17–21.

Материал получен 10.09.2014. Опубликовано на основании положительной рецензии к.т.н. Безяева А.В.