

Рис. 12. Характеристики тестового сигнала с частотой 25 МГц при однократном «обратном» прохождении COM а) спектрограммы; б<sub>1,2,3</sub>...ж<sub>1,2,3</sub>) осциллограммы при периоде развертки 5 мс, 20 мкс и 100 нс; б; г; е) при отключенном ГШ (ключ Q3 разомкнут); в; д; ж) при включенном ГШ (ключ Q3 замкнут); а<sub>1</sub>; б<sub>1,2,3</sub>; в<sub>1,2,3</sub>) при уровне тестового сигнала  $-40,2$  дБм; а<sub>2</sub>; г<sub>1,2,3</sub>; д<sub>1,2,3</sub>)  $-32,0$  дБм; а<sub>2</sub>; е<sub>1,2,3</sub>; ж<sub>1,2,3</sub>)  $-28,1$  дБм

## ANALYSIS AND SIMULATION OF SIGNALS IN THE INFORMATION SECURITY SYSTEM OF DISTRIBUTED RANDOM ANTENNA

Zasedateleva P.S., Maslov O.N., Ryabushkin A.V., Shashenkov V.F.

The problem of simulation of signals and active jamming, used in the system of information protection of distributed random antenna (DRA) is considered in this paper.

**Keywords:** active information protection, distributed random antennas, used signals and noise.

Заседателева Полина Сергеевна, аспирант Кафедры экономических и информационных систем (ЭИС) Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ). Тел. 8-927-717-11-71.

Маслов Олег Николаевич, д.т.н., профессор, заведующий Кафедрой ЭИС ПГУТИ. Тел. 8-902-371-06-24. E-mail: maslov@psati.ru

Рябушкин Аркадий Викторович, инженер Кафедры мультисервисных сетей и информационной безопасности ПГУТИ. Тел. 8-937-981-70-16.

Шашенков Валерий Федорович, к.т.н., с.н.с., соискатель Кафедры ЭИС ПГУТИ. Тел. 8-903-144-50-75. E-mail: maslov@psati.ru

УДК 004.5

## РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ МИКРОВЫРАЖЕНИЙ «FACE MODE» ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ВЫЯВЛЕНИЯ ИНСАЙДЕРА

Кудрявцев Д.А., Кузнецов М.В., Светличная М.А.

Рассматривается методика распознавания физиогномических особенностей человека и ее программная реализация с применением искусственной нейронной сети, позволяющая

повысить достоверность результатов полиграфа.

**Ключевые слова:** полиграф, физиогномика, эмоции, инсайдер, автоматизированные системы, нейронные сети.

### Постановка задачи

Люди являются одним из самых надежных источников информации. Во времена зарождения промышленного шпионажа, когда технических средств еще не было, люди были единственным источником. До сих пор первым, к чему пытаются прибегнуть для получения секретов – это человек. Он не только хранит и воспроизводит, он еще и обрабатывает, анализирует и делает выводы. Инсайдер – член какой-либо группы людей, имеющей доступ к информации, недоступной широкой публике. Коммерческая разведка осуществляется методами промышленного шпионажа и бизнес-разведки (деловой, конкурентной, экономической разведки). Если основной целью промышленного шпионажа является добывание данных о разрабатываемой продукции, то основное направление бизнес-разведки – получение информации для руководства, необходимой для принятия им обоснованных управленческих решений. В отличие от других источников в отношении людей недостаточно применение лишь технических и организационных методов защиты информации. Здесь очень важно учитывать именно психологические, личностные особенности. Способы борьбы с промышленным шпионажем могут быть различные: начиная от составления политики безопасности на предприятии и заканчивая Dlp-системами.

Одним из современных методов борьбы с промышленным шпионажем является проверка лояльности сотрудников фирмы на детекторе лжи. Ложь как таковую детектор не обнаруживает. Единственное, что он делает – измеряет интенсивность проявлений возбуждения нервной системы, то есть физиологические изменения, происходящие от эмоционального волнения человека. Исследовательские подходы к изучению точности работы детектора составляют 70%.

В статье предлагается метод повышения точности разоблачения инсайдера путем совместного использования полиграфа и разработанного программно-аппаратного модуля распознавания физиогномических особенностей человека.

### Детектор лжи как метод защиты информации

Для повышения достоверности результатов полиграфа предлагается расширить спектр его возможностей за счет добавления к нему совместного анализа физиологического состояния испытуемого со снимками веб-камеры, сделанными при превышении эмоционального порога

возбуждения. Обычно лицо выражает сразу два сообщения – то, что лжец хочет сказать, и то, что он хотел бы скрыть. Истинные чувства отражаются на нашем лице потому, что мимика может быть произвольной, неподвластной нашим мыслям и намерениям. Некоторые эмоциональные выражения – по крайней мере, говорящие о счастье, страхе, гневе, отвращении, грусти, горе, а возможно, и о ряде других эмоций, – универсальны, одинаковы для всех людей, независимо от возраста, пола, расовых и культурных различий.

Приведем несколько примеров анализа микровыражений [1]:

- страх – губы слегка растянуты, брови приподняты высоко и немного сведены, верхние веки максимально подняты;

- отвращение – приподнятая верхняя губа, морщины у носа, щеки приподнимаются, мышцы, управляющие движениями век, расслаблены;

- печаль, горе – приоткрытый рот, уголки губ опущены вниз, щеки приподняты, верхние веки опущены, внутренние уголки бровей тянутся вверх, взгляд вниз;

- гнев – брови опущены вниз и сведены вместе, внутренние уголки бровей сдвинуты в направлении носа, глаза широко открыты, губы плотно сжаты, взгляд пристальный;

- удовольствие – искренняя улыбка выражается путем совместного сокращения большой скуловой мышцы и круговой мышцы глаза, брови слегка опущены вниз, щеки расположены высоко.

Веб-камера должна делать снимок с точностью до 0,2 с, так как микровыражения длятся в среднем 1/5 с. Микровыражения помогут более точно понять причину появления каждого эмоционального возбуждения (показатели давления, частоты сердцебиения, потливости, современные полиграфы также выдают показатели голоса, сокращение мышц) на компьютере-осциллографе. Результаты будут обработаны в программе, которая проведет анализ полученных данных. Каждое изображение будет сравниваться с нейтральным, неэмоциональным выражением. Только так мы сможем выявить выражения, имеющие иногда изолированные и иногда малозаметные изменения. Отклонение от нейтрального выражения будет обработано программой и выявлена близкая по результату эмоция. Программная реализация выполнена с применением нейронной сети на основе многослойного перцептрона.

### Подготовка входных данных для нейронной сети

Прежде чем приступить к программной реализации модуля, необходимо подготовить входные данные для нейронной сети. Выборка должна состоять из двух типов файлов. Первый тип – это собственно изображения, по которым будет обучаться модель.



Рис.1. Изображение гнева

Файлы второго типа являются текстовыми файлами разметки и содержат метки форм, обозначенных на соответствующих изображениях обучающей выборки. На рис. 1 приведен фрагмент такого файла.

Пример файла второго типа представлен ниже:

0	31	89
1	27	124
2	29	142
3	31	162
4	37	182
5	47	198
6	79	235
7	129	239
8	156	223
9	174	200
10	188	165

Здесь первый столбец — номер метки, второй столбец X-координата метки, третий столбец Y-координата метки. Каждому изображению должен соответствовать свой файл разметки. Таким образом, мы получаем размеченные изображения и их координаты, которые будут являться обучающей выборкой для нейронной сети.

### Структура нейронной сети

Многослойным персептроном называют нейронную сеть прямого распространения. Входной сигнал в такой сети распространяется в прямом направлении, от слоя к слою. Многослойный

персептрон в общем представлении состоит из следующих элементов:

- множества входных узлов, которые образуют входной слой;
- одного или нескольких скрытых слоев вычислительных нейронов;
- одного выходного слоя нейронов.

Структура многослойного персептрона представлена на рис. 2. Входной слой определяется количеством пикселей изображения. На вход сети подается массив единиц или нулей таким образом, что если пиксель является опорной точкой, то единица, иначе подается ноль. Имеется один скрытый слой с сигмоидальной функцией активации. Количество нейронов согласно теореме Колмогорова равняется

$$M = 2N + 1, \tag{1}$$

где  $N$  – число входных нейронов;  $M$  – число нейронов в скрытом слое. Число нейронов в выходном слое определяется количеством видов выражений лица, требующих распознавания. При этом при обучении подается единица на выходной нейрон, отвечающий за одно микровыражение, в то время как на остальные подаются нули.

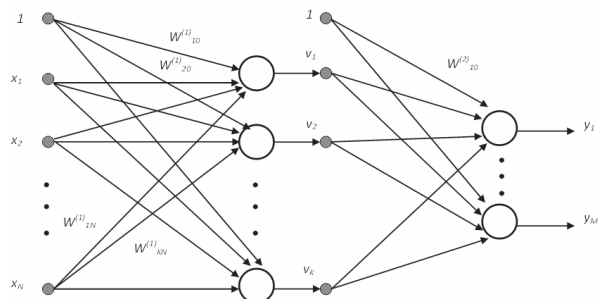


Рис. 2. Структура многослойного персептрона

Целевая функция выбирается исходя из соображения необходимости минимизации ошибки обучения: суммы квадратов разницы эталонного и фактического значения. Таким образом, обучение сети заключается в минимизации целевой функции:

$$E(w) = \frac{1}{2} \sum_{s=1}^M (y_s - d_s)^2, \tag{2}$$

где  $y = [y_0, y_1, \dots, y_M]^T$  – вектор фактических выходных сигналов,  $d = [d_0, d_1, \dots, d_M]^T$  – вектор ожидаемых выходных сигналов,  $w$  – вектор весовых коэффициентов [3].

Так как целевая функция непрерывна, то наиболее эффективными методами обучения оказываются градиентные алгоритмы, согласно

которым уточнение вектора весов (обучение) производится по формулам:

$$w(t+1) = w(t) + \Delta w, \quad (3)$$

$$\Delta w = \eta p(w), \quad (4)$$

где  $\eta$  – коэффициент обучения,  $p(w)$  – направление в многомерном пространстве  $w$ . В алгоритме обратного распространения ошибки  $p(w)$  определяется как частная производная  $\partial E / \partial w_{ij}$ , взятая со знаком «минус» [4].

Цель обучения состоит в подборе таких значений весов  $w_{ij}^{(1)}$  и  $w_{si}^{(2)}$  для двух слоев сети, чтобы при заданном входном векторе  $x$  получить на выходе значения сигналов  $y_s$ , которые с требуемой точностью будут совпадать с ожидаемыми значениями  $d_s$  для  $s = 1; 2 \dots M$ .

Если рассматривать единичный сигнал порогового элемента как один из компонентов входного вектора  $x$ , то веса пороговых элементов можно добавить в векторы весов соответствующих нейронов обоих слоев. При таком подходе выходной сигнал  $i$ -го нейрона скрытого слоя удастся описать функцией

$$v_i = f\left(\sum_{j=0}^N w_{ij}^{(1)} x_j\right), \quad (5)$$

в которой индекс 0 соответствует сигналу и весам пороговых элементов, причем  $v_0 \equiv 1$ ,  $x_0 \equiv 1$ ,  $w^{(1)}$  – вектор коэффициентов входного слоя. В выходном слое  $s$ -ый нейрон вырабатывает выходной сигнал, определяемый как [4]:

$$y_s = f\left(\sum_{i=0}^K w_{si}^{(2)} v_i\right) = f\left(\sum_{i=0}^K w_{si}^{(2)} f\left(\sum_{j=0}^N w_{ij}^{(1)} x_j\right)\right), \quad (6)$$

где  $w^{(2)}$  – вектор коэффициентов скрытого слоя. Из формулы (6) следует, что на значение выходного сигнала влияют веса обоих слоев, тогда как сигналы, вырабатываемые в скрытом слое, не зависят от весов выходного слоя. Таким образом, предложенная модель нейронной сети наиболее адекватно описывает задачу определения выражения лица и является подходящим способом для решения поставленной задачи.

## Выводы

Предлагаемая методика обработки эмоций путем совместного анализа работы полиграфа и модуля распознавания физиономической реакции на провокационные вопросы позволяет повысить достоверность результатов оценки лояльности сотрудника. Это станет залогом уверенности в ответах испытуемого. Программа, лишённая субъективности, поможет более точно определить, что чувствует испытуемый при эмоциональном всплеске и верифицировать достоверность его ответов. В результате такой анализ позволит избежать увольнения невиновных и поможет детально разобраться в причинах и каналах возможной утечки конфиденциальной информации.

## Литература

1. Экман П. Психология эмоций. Пер. с англ. СПб.: Изд «Питер», 2011. – 173 с.
2. Кутс Т.Ф. Активные модели внешности. Т.1, М.: Сов. радио, 2001. – 552 с.
3. Хайкин С. Нейронные сети, полный курс. Пер. с англ. М.: ИД «Вильямс», 2006. – 1104 с.
4. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. Пер. с польского. М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.

## DEVELOPMENT OF EMOTION RECOGNITION MODULE «FACE MODE» TO INCREASE THE RELIABILITY OF DETECTION OF INSIDER

Kudryavsev D., Kuznetsov M., Svetlichnaya M.

**In the article is investigated the methods of detection of physiognomic features of the person and its software implementation with the use of artificial neural networks to improve the reliability of polygraph.**

**Keywords:** polygraph, physiognomy, emotions, insider, neural networks, automated systems.

Кудрявцев Дмитрий Андреевич, аспирант Самарского государственного аэрокосмического университета. Тел. 8-927-730-75-55. E-mail: diak3@yandex.ru

Кузнецов Михаил Владимирович, к.т.н., доцент Кафедры систем связи Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ). Тел.: 8-927-652-78-94. E-mail: mv.kuz-netsov@yandex.ru

Светличная Мария Александровна, студентка ПГУТИ. Тел.: 8-937-9977455, E-mail: angel9005@rambler.ru