

ОЦЕНКА ИНФОРМАЦИОННОЙ ЕМКОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЩИТЫ ПОЛИГРАФИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

In clause theoretical preconditions of an estimation of information capacity of elements of protection of polygraphic production are pawned. The design procedure of information capacity the rastered polygraphic prints, the scanned polygraphic originals, the prints reproductions is offered. Dependences allowing are resulted to define an protection rate of polygraphic production based on information capacity of elements of protection.

Необходимость защиты ценных бумаг и документов, как правило, регламентируется действующим законодательством и не нуждается в специальных доказательствах. Вместе с тем в современных условиях есть все основания поставить вопрос гораздо шире. Любая полиграфическая продукция, несущая на себе признаки номинальной стоимости, косвенных стоимостных характеристик, а также идентификатора подлинности (товарная группа) или права (документарная группа), представляет интерес и может являться объектом различных видов фальсификации [1].

О возросшем интересе к проблеме защиты полиграфической продукции от фальсификации, в том числе и ее теоретических аспектах, свидетельствуют опубликованные в последние годы в различных странах работы [1–3].

Уже сложились общие представления о критериях и алгоритме выбора защитного комплекса [1]. Основными критериями считаются максимальные надежность, эффективность и экономичность защитного комплекса.

Обеспечение максимальной надежности защитного комплекса подразумевает *всестороннюю защиту* продукции, исходя из условий обращения, назначения, ее конструктивных особенностей и потенциальных угроз фальсификации [1]. Составлены технологические ряды защит, и для них экспертным путем установлена *степень надежности* от 1 до 6.

Для оценки эффективности защитного комплекса составлены спецификации защитных технологических рядов с внутрирядным делением однорядовых защит по *степени эффективности*. Оценивается степень эффективности в баллах от 1 до 15 баллов. Минимальным считается защитный комплекс, имеющий индекс защищенности не менее 24 баллов, достаточным — не менее 40 баллов, высшим — более 40 баллов.

Оценка экономичности защитного комплекса осуществляется по *стоимостному индексу*. Стоимостный индекс изменяется от 1 до 8. Каждому значению стоимостного индекса соответствует удорожание по отношению к базовому продукту, значение которого в процентах выбирается по специальной шкале.

Необходимо отметить, что использование шкал в оценке уровня или степени защищенности предполагает учет основных положений теории шкал. Шкала может быть равномерной, если зависимость, например, эффективности защитного комплекса от параметра, по которому строится шкала, степени эффективности, является линейной. В противном случае шкала не будет равномерной, что создаст определенные трудности в ее использовании. Но для того, чтобы установить характер указанной зависимости, необходимо иметь модель.

Например, к каждой группе ценных бумаг предъявляются минимальные требования к уровню защиты исходя из экономической целесообразности их подделки. При этом допускается замена отдельных элементов защиты эквивалентными по уровню защищенности. Бланки строгой отчетности в Республике Беларусь в зависимости от уровня защищенности и назначения подразделяются на шесть групп [4]. Некоторые группы имеют подгруппы. Как отмечается в [4], используемая классификация уровня защищенности имеет качественный характер и не может претендовать на полное количественное определение уровня защищенности всех видов ценных бумаг.

В работе [3] предпринята попытка рассмотреть теоретические основы способов защиты бланков ценных бумаг и документов строго учета с использованием аппарата математической логики. Для этого вводятся переменные, определяющие способ защиты, свойства способа, уровень защищенности.

Предполагается, что уровень защищенности определяется величиной ущерба, который может возникнуть в результате взлома системы защиты. Далее предполагается построить систему логических формул, каждая из которых отвечает допустимой комбинации совместного использования различных способов защиты.

Наиболее сильной стороной математической логики является построение комбинаторных логических формул. Проблема состоит в том, чтобы придать физический смысл логическим переменным. Эта задача решается внешними методами по отношению к методам математической логики.

Что касается величины ущерба при взломе системы защиты, то он в большей степени зависит не от методов защиты, а от объекта защиты. Поэтому характеризовать уровень защищенности величиной ущерба не совсем логично.

В данной работе для оценки свойств различных способов защиты предлагается использовать теорию информации. Как известно [5], изображение, выведенное на экран монитора или воспроизведенное на бумаге полиграфическим способом, или с помощью принтера, обладает определенной информационной емкостью.

Пусть $A = \{a_1, a_2, \dots, a_N\}$ — множество существующих элементов защиты. Подмножество $Z \subset A$ образует систему защиты, избранную для объекта M , причем $Z = \{a_1, a_2, \dots, a_M\}$. Если элементы a_j обладают информационной емкостью I_j , то общая емкость избранной для объекта M системы защиты

$$I_Z = \sum_{j=1}^M I_j. \quad (1)$$

Наиболее массовым способом фальсификации печатной продукции является использование копировальной техники. При сканировании и выводе происходит потеря информации. Таким образом, фальсифицированный оттиск имеет информационную емкость

$$I_F = \sum_{j=1}^M I_j^F. \quad (2)$$

Как правило, $I_Z \geq I_F$, однако известны случаи, когда фальсифицированные оттиски имели более высокие качество, чем оригиналы, что не исключает ситуацию, которая будет соответствовать $I_Z < I_F$.

Разность информации, возникающая при фальсификации, характеризует как способ защиты, так и способ фальсификации. Будем полагать, что степень защищенности пропорциональна разности информации:

$$\Delta I = I_Z - I_F = \delta_I \alpha_M, \quad (3)$$

где α_M — степень защищенности объекта M ; δ_I — шаг квантования общей информационной шкалы.

В принципе степень защищенности объекта α_M в соответствии с (3) может принимать значения в пределах $0 \leq \alpha_M < 0$. Отрицательные значения α_M соответствуют $I_Z < I_F$.

Построение общей информационной шкалы предполагает знание $\max I_Z \in A$, а также $\max I_F \in F$, где $F = \{f_1, f_2, \dots, f_N\}$ — множество способов фальсификации. Для получения ответа на эти вопросы требуется детальное исследование информационной емкости элементов различных способов защиты, а также реализации этих элементов в рамках возможных способов фальсификации.

Информационная емкость растриванных полиграфических оттисков. Количество информации на единице площади растриванного монохромного изображения зависит от линиатуры и количества градаций оптической плотности [5]. В свою очередь, количество градаций зависит от формы и способа записи растровых элементов, качества бумаги и краски, используемых при печати.

По определению, информационная энтропия изображения, содержащего m градаций оптической плотности [5],

$$H = - \sum_{i=1}^m P_i \log_2 P_i, \quad (4)$$

где P_i — вероятность появления определенной градации i в изображении.

Если появление каждой градации равновероятно, то вероятность этого события

$$P_i = 1 / m. \quad (5)$$

Подставив (5) в (4), получим

$$H = \log_2 m. \quad (6)$$

В электронных репросистемах количество передаваемых градаций определяется [6] глубиной битового представления или глубиной цвета λ :

$$m = 2^\lambda. \quad (7)$$

С учетом (7) выражение (6) представляется в виде

$$H = \log_2 2^\lambda = \lambda. \quad (8)$$

Таким образом, количество информации, содержащееся в одной растровой точке, теоретически равно глубине битового представления.

Число растровых точек в изображении определяется по формуле [6]

$$N = a \times b \times L^2, \quad (9)$$

где a и b — размеры изображения по вертикали и горизонтали; L — линиатура изображения.

Количество растровых точек на единице площади растриванного изображения

$$n = N / (a \times b) = L^2. \quad (10)$$

Общее количество информации на единице площади растриванного монохромного изображения

$$I = nH = L^2 \log_2 m. \quad (11)$$

Если учесть (8), то формулу (11) можно представить в следующем виде:

$$I = nH = L^2 \lambda. \quad (12)$$

Расчет информационной емкости оттиска по формулам (11) и (12) предполагает, что вывод фотоформ и все последующие операции вплоть до печатания тиража происходят без существ-

венных искажений и потерь информации. В условиях реальной типографии добиться такого положения достаточно сложно. Поэтому формулы (11) и (12) можно использовать для теоретической количественной оценки качества оттисков и уровня технологии.

Фактически вследствие «неидеальности» технологии распределение оптической плотности на типографских оттисках является непрерывным. Экспериментальные исследования показали [5], что распределение оптической плотности в черно-белом типографском оттиске может быть аппроксимировано усеченным нормальным или экспоненциальным законом распределения.

Закон усеченного нормального распределения имеет вид

$$f(x) = \frac{1}{c\sqrt{2\pi}\sigma_x} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}}, \quad (13)$$

где $D_{\min} \leq x \leq D_{\max}$ – оптическая плотность изображения; σ_x – дисперсия оптической плотности; m_x – математическое ожидание усеченного распределения; c – нормирующий множитель.

Информационная емкость изображения

$$I = n \int_{D_{\min}}^{D_{\max}} f(x) \log_2 [f(x)\delta_x] dx, \quad (14)$$

где δ_x – шаг квантования по уровню оптической плотности, равный значению градации оптической плотности.

Количество градаций оптической плотности в изображении

$$m = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{\delta_x}. \quad (15)$$

Информационная емкость сканированного полиграфического оригинала. При вводе изображения с помощью сканера необходимо учитывать разрешение сканирования R , шаг квантования, количество распознаваемых градаций плотности, закон распределения оптической плотности.

В процессе ввода изображений с помощью сканера они подвергаются квантованию по уровню оптической плотности и дискретизации по площади. Чем меньше разрешение сканирования, тем больше потери информации как за счет уменьшения количества распознаваемых точек на единице площади изображения, так и за счет осреднения их оптической плотности.

В паспортных данных профессиональных сканеров указывается разрешение по горизонтали R_g и вертикали R_v , глубина цвета λ , динамический диапазон ΔD , определяемый как разность

$$\Delta D = D_{\max} - D_{\min}. \quad (16)$$

С учетом этих характеристик информационную емкость сканированного полиграфического

оригинала можно определить по формулам, аналогичным (11) и (12):

$$I = nH = R_g R_v \log_2 m, \quad (17)$$

$$I = nH = R_g R_v \lambda. \quad (18)$$

Количество градаций оптической плотности при этом будет определяться по формуле (7), а шаг квантования по формуле аналогичной (15):

$$\delta_x = \Delta D / m. \quad (19)$$

Необходимо отметить, что у большинства современных профессиональных сканеров разрешение по вертикали и горизонтали одинаково. Увеличение разрешения изображения в процессе его обработки осуществляется с помощью интерполяции по линейным или нелинейным уравнениям оптической плотности двух соседних пикселей. При этом количество реальной информации в изображении не увеличивается, но требуемый для его хранения объем памяти ЭВМ увеличивается.

Информационная емкость оттиска после вывода с помощью принтера. Вывод изображения на бумагу (или другой носитель) осуществляется с помощью матричных, лазерных, струйных принтеров, ризографов, функционирование которых основано на различных физических принципах.

Оценка изображения после его вывода на бумагу может производиться как визуально, так и аппаратными методами. Соответственно этому различают субъективную и объективную оценки информационной емкости изображения [5]. Ниже основное внимание будет уделено получению объективной оценки информационной емкости изображения.

В паспортных данных принтеров указывается только разрешение вывода. Естественно, такая характеристика изображения, как глубина цвета, определяется программным средством, с помощью которого оно обрабатывалось, и выводится на принтер. В принципе с помощью этих двух характеристик по формуле (18) можно рассчитать информационную емкость оттиска. Однако применительно к печатному оттиску такой расчет будет идеализированным.

Разрешение принтера и линиятура печати связаны между собой следующим образом [7]:

$$m = \left(\frac{R}{L}\right)^2 + 1. \quad (20)$$

Подставив (20) в формулу (11), получим

$$I = L^2 \log_2 \left[\left(\frac{R}{L}\right)^2 + 1 \right]. \quad (21)$$

Формула (21) дает возможность по двум характеристикам рассчитать информационную емкость оттиска. При кажущейся простоте эта

формула позволяет по сути дела оценить верхний теоретический предел информационной емкости оттиска в зависимости от основных характеристик принтера. Качество воспроизведения реального оттиска в общем случае не обязательно будет соответствовать максимуму информации.

Проблема здесь в том, что существует целая группа факторов, снижающих емкость изображения в процессе его доведения до бумаги [5]. Для более точного и достоверного расчета информационной емкости оттиска необходимо определить диапазон реально воспроизводимых оптических плотностей и количество градаций. Для одного и того же принтера эти характеристики с течением времени могут изменяться. Кроме того, некоторые программные средства для обработки и вывода изображений позволяют настраивать и использовать для вывода индивидуальные тоновые характеристики [7].

В заключение необходимо отметить следующее. Как отмечалось выше, при разработке или выборе систем защиты исходят из некоторого достаточного уровня защищенности объекта [1–4]. Доминантой, определяющей выбор способа фальсификации, как правило, полагают экономическую целесообразность в сочетании с некоторым уровнем качества представляемого в интуитивно понимаемых категориях правдоподобия.

В рамках указанной модели принятия решений сторона защиты, как свидетельствуют формулы (11) и (21), практически «обречена» на преимущество. Даже если рассматривать наиболее экономичный вариант полиграфиче-

ской технологии с выводом фотоформ на лазерный принтер, то и в этом случае имеются технологические предпосылки [8] для того, чтобы обеспечить небольшой запас по уровню защищенности. Изложенная в работе теория позволяет оценить его количественно.

Литература

1. Коншин А. А. Защита полиграфической продукции от фальсификации. — М.: ООО «Синус», 1999. — 160 с.
2. Lazarenko E., Chadzynowa S. Zabezpieczenia produktow poligraficznych // Swiat Druku. — 2003. — № 4. — S. 48–55.
3. Шевчук А. В. Логічні методи формального опису засобів захисту бланків цінних паперів та документів суворого обліку // Технологія і техніка друкарства. — 2003. — Вип. 2. — С. 4–7.
4. Корочкин Л. С. Способы защиты и идентификации ценных бумаг. — Мн.: НТУП «Криптотех», 2003. — 114 с.
5. Винокурова О. А., Ефимов М. В., Самарин Ю. Н., Синяк М. А. Методы и средства переработки информации в допечатных системах. — М.: МГУП, 2003. — 270 с.
6. Кузнецов Ю. В. Основы подготовки иллюстраций к печати. Растривание. — М.: Изд-во МГУП «Мир книги», 1998. — 174 с.
7. Айриг С., Айриг Э. Подготовка цифровых изображений для печати. — Мн.: ООО «Попурри», 1997. — 192 с.
8. Лыгун А. Давид и Голиаф? Принтер против фотонаборного автомата // Курсив. — 2000. — № 5. — С. 24–27.