

## РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ КОМПЛЕКСА ЗАЩИТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОЛИГРАФИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Бизюк А. В., Ткаченко В. Ф., Вовк А. В.

### 1. Введение

В настоящее время в Украине и большинстве стран мира существует объективная необходимость противодействия фальсификации полиграфической продукции. Актуальность данной проблемы во многом обусловлена развитием полиграфической техники и ее широким распространением.

При всем многообразии имеющихся в настоящее время технических способов защиты имеется определенный пробел в области защиты продукции широкого распространения, такой как этикетки и упаковка. Особенно остро вопрос защиты полиграфического оформления встал в связи с развитием репродукционной и цифровой техники, что позволяет достаточно легко воспроизводить не имеющую защиты оригинальную упаковку. В отличие от традиционных объектов применения средств защиты, упаковочная и этикеточная продукция имеют определённые ограничения. Эти ограничения в первую очередь касаются стоимости защищенной продукции, характера оформления, используемых материалов.

Учитывая стоимостные ограничения, накладываемые на элементы защиты этикеточной и упаковочной продукции, применимость большинства из них невелика, равно как и экономическая эффективность. По этим причинам необходимо создание эффективного комплексного средства, подходящего для защиты этикетки и упаковочной продукции.

Таким образом, назрела необходимость разработки методов и моделей оценки уровня защищенности полиграфического изделия, что позволит комплексно решить задачу выбора и минимизировать стоимостные и временные затраты на разработку оригинал-макета защищенного изделия.

### 2. Объект исследования и его технологический аудит

*Объектом исследования* является процесс подбора элементов, составляющих комплекс защитных полиграфических технологий для противодействия фальсификации полиграфического изделия.

Предмет исследования – методы оптимизации в задачах подбора комплекса защитных полиграфических технологий, информационная технология дорепечатной подготовки изданий.

Одним из наиболее проблемных мест является процесс принятия решения о включении в дизайн полиграфического изделия тех или иных элементов, защищающих изделие от фальсификации. На крупных и известных предприятиях, таких, как «Укрспецполиграфия» (Украина) или «Гознак» (Россия) подобные решения принимаются на основании коллективного анализа в соответствующих отделах. Защищенные полиграфические изделия насчитывают десятки (ценные бумаги, документы) и даже сотни (денежные банкноты) защитных элементов разной

степени сложности. Целесообразность и необходимость противодействия фальсификаторам в данных случаях часто обуславливают применение сложных и дорогих элементов защиты (нанотехнологии, специальные виды печати и т. п.).

Однако для более простых печатных изделий, таких как этикетки алкогольной, пищевой продукции, парфюмерная, лекарственная упаковка зачастую достаточно всего лишь нескольких простых защитных элементов, чтобы усложнить возможность подделки.

Такие изделия разрабатываются и печатаются на небольших предприятиях, с применением распространенных технологий и обычного оборудования.

Эффективность защиты в данном случае обеспечивается комплексностью подобранных защитных элементов, базирующихся на разных физических принципах. Например, микротекст и микроизображение основаны на использовании оборудования с высокой разрешающей способностью и могут быть фальсифицированы за счёт одной и той же технологии подделки. Тогда как пара защитных элементов – микротекст и псевдоиридная печать пантонным цветом – основаны на разных принципах, и требуют уже больших усилий для фальсификации. Однако при печати этикетки на офсетном оборудовании хорошего качества оба указанных защитных элемента в оригинальном изделии реализуются достаточно просто и не требуют существенных затрат.

Выбор защитного комплекса, т. е. подбор небольшого количества защитных элементов, которые обеспечат достаточный уровень противодействия фальсификации, требует определенных знаний в области защищенной полиграфии. Для решения поставленной задачи в рамках небольшой фирмы или дизайн-бюро хорошим подспорьем станет автоматизированная информационная система. Данная система в условиях конкретного типа изделия и заданных финансовых ограничений поможет составить список защитных элементов для включения в разрабатываемый оригинал-макет.

### **3. Цель и задачи исследования**

*Целью работы* является анализ научно обоснованных моделей и методов оптимизации выбора комплекса защитных полиграфических технологий, который обеспечивает достаточный уровень защищенности полиграфического изделия от фальсификации.

Для достижения поставленной задачи должны быть решены следующие задачи:

1. Анализ информационных технологий, используемых для защиты полиграфических изделий от несанкционированного копирования и фальсификации.
2. Разработка информационной модели для задачи подбора комплекса защитных полиграфических технологий для печатного изделия (этикетки, упаковки).
3. Постановка математической задачи оптимизации подбора комплекса защитных полиграфических технологий для печатного изделия.

#### 4. Исследование существующих решений проблемы

Разработка качественных систем, обеспечивающих безопасность выпускаемой продукции от посягательств фальсификаторов, ведется достаточно давно. Рассматриваются различные подходы, как связанные с комплексным подходом к проблеме [1–3], так и с совершенствованием отдельных элементов [4–6]. Более перспективными авторы считают комплексные системы защиты печатных изделий, когда оригинал-макет включает в себя несколько защитных элементов. Общее описание элементов полиграфической защиты включает в себя сотни наименований [2, 3, 7, 8].

В современных условиях развития вычислительной техники актуальной становится теория разработки информационных систем, которые могут стать рабочим инструментом дизайнера или проектировщика защищенной полиграфической продукции [9, 10]. В условиях многообразия доступных защитных технологий необходимо комплексно оценивать уровень защищенности продукта, выбирать оптимальное решение [9–12].

Основными задачами исследований являются следующие:

- оценка уровня защищенности данного полиграфического изделия. Для этого вводятся интегральные оценки, проводятся классификации видов защит, рассматриваются весовые коэффициенты;
- подбор оптимальных параметров и защитных элементов. Строится математическая оптимизационная модель, решаемая далее в рамках линейной оптимизации или теории графов.

Для оценки уровня защищенности полиграфического изделия в литературе применяется расчет средневзвешенного интегрального показателя, базирующегося на следующих критериях [7, 9]:

- степень защиты, предоставляемой данной технологией;
- стоимость применения данного защитного элемента;
- комбинация этих показателей.

В общем виде интегрированный показатель определяется как:

$$R_{инт} = \sum_{i=1}^N R_i x_i, \quad (1)$$

где  $R_{инт}$  – интегрированный показатель защищенности полиграфического изделия;

$R_i$  – весовой коэффициент, учитывающий важность данной защитной технологии, исходя из её сложности, защитных свойств; как правило, в нормированных системах  $\sum_{i=1}^N R_i = 1$ ;

$x_i$  – множество защитных элементов, которые формируют систему защитной продукции, обычно представлен в бинарном виде  $x \in \{0; 1\}$ .

В работе [9] уровень важности защитного элемента определялся методом опроса десяти экспертов с последующим усреднением. Аналогично вычислялся уровень увеличения себестоимости базового (незащищенного) изделия. Однако

для экспертной оценки был выбран ограниченный набор защитных технологий, ориентированный на конкретный вид полиграфической упаковки.

В работе [7] приведены результаты обработки экспертных оценок по значительно большему кругу защит. Поэтому в дальнейших исследованиях за основу был взят именно этот перечень, который впоследствии был уточнен и дополнен.

В исследовании [10] разработана иерархичная схема оценивания качества изношенных банкнот путем метода анализа иерархий или с использованием комплексного показателя. Одним из критериев оценки качества была принята защищенность, включающая в себя как составную часть группы защит материала, графических средств, специальных видов печати, красок и послепечатного оформления [7]. На основе обобщенной схемы формирования качества банкнотной продукции исследуются дальнейшие производственные способы совершенствования технологических процессов. В исследовании разработана система оценивания износостойкости изделий, полученных с применением новых решений, а также информационные средства, позволяющие осуществлять внедрение новых технологических решений и поддерживать обратную связь с пользователями. Вес соответствующих коэффициентов в интегрированном показателе вычисляется путем статистической обработки результатов анализа поврежденных банкнот. Степень влияния частичных критериев учитывается нормированными показателями:

$$R_{инт} = \begin{cases} \frac{X_{ij}}{X_{\max j}}, j=1, k, x \in S, \\ \frac{X_{\min j}}{X_{ij}}, j=k+1, m, x \in D, \\ 1 - \frac{X_{ij}}{X_{\max j}}, j=m+1, k, x \in D^0. \end{cases} \quad (2)$$

Задача оптимизации защищенного печатного изделия рассматривается как для общих случаев [12], так и для частных случаев упаковки [8] или банковских чеков [4]. Исследуется метод линейной оптимизации и теории графов.

В работе [7] для более точной классификации технологий полиграфической защиты было введено понятие «технологического ряда». В качестве определения можно предложить следующее: «технологический ряд объединяет виды полиграфической защиты, основанные на одном и том же технологическом принципе». В частности, выделяются следующие технологические ряды (табл. 1).

Таблица 1

## Классификация полиграфических защит по технологическим рядам

№ ряда	Технологические ряды	Принцип действия	Примеры защит
1	Тонкая графика в условиях неконтролируемого окружения	Использование минимально возможной толщины линий элементов	Фоновые тангирные (антисканерные) сетки сеток, гильоширные элементы, скрытые изображения, микротекст мм, микротекст мкм, микрографика
2	Тонкая графика в условиях контролируемого окружения	Проявление скрытых изображений в элементах тонкой графики на базе использования разновеликой растровой точки с регулярной структурой	Void Pantograph (разновеликая растровая точка с регулярной структурой), Сору ban+ (разновеликая растровая точка с нерегулярной структурой)
3	Красители, светящиеся в УФ, ИК излучениях	Свечение в УФ/ИК излучении	Бесцветные, цветные, двухслойные
4	Красители специализированные	Изменение цвета под воздействием физических и прочих воздействий	Металлизированные, окисляющиеся, проникающие, вспучивающиеся, цветопеременные OVI, светочувствительные, термочувствительные, двухслойные термочувствительные
5	Водяные знаки	Использование специальной бумаги	Тонирование бумажного полотна, фигурное силиконовое покрытие, водяные знаки одноуровневые, двухуровневые, полутонные
6	Внедрение в материал видимых включений	Использование специальной бумаги	Волокна, термочувствительные волокна, металлизированные нити, ныряющие (стежковые) металлизированные нити
7	Внедрение в материал включений, ви-	использование специальной бума-	Волокна невидимые, волокна видимые, металли-

	димых в УФ и ИК диапазонах	ги	зированные нити – меняющие окрас в ИК/УФ излучениях
8	Тиснение	Специальные послепечатные операции	Конгревное тиснение, тиснение фольгой
9	Высечка	Специальные послепечатные операции	Фигурная высечка
10	Голограммы	Специальные послепечатные операции	Тиснение голографической фольгой, припрессовка голограмм
11	Машиночитаемые коды	Применение технологий сканирования данных	QR-коды, бар-коды, OCR-коды, MICR-коды, магнитная полоса, RFID-идентификация
12	Нумерация	Использование неповторяющихся данных	Нумерация, нумерация с перфорацией, нумерация с контрольным разрядом, нумерация защитными красками
13	Технологии печати	Специальные виды печати	Высокая, глубокая, пантонная, псевдоирисная (пантонный градиент), металлографическая, ирисная (призматическая), орловская печать

Более детально с учетом защитных свойств и экономического коэффициента данные защиты представлены на рис. 1.

Ряд по Коншину	Принцип действия	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6
1	Антисканерные защиты	–	Тангирные сетки	–	Гильоширные элементы	Latent Image	–	–	–	–	–	–
1	Микротекст и микрографика	–	–	Микротекст, мм	Микротекст, мкм	Микрографика	–	–	–	–	–	–
2	Антисканерные защиты со скрытым изображением	–	–	–	–	Void Pantograph	** Latent Image (кипп-эффект)	Copy Ban +	–	–	–	–
3	Специализированные красители	–	Бесцветные УФ	Цветные УФ	Токопроводящие УФ	Видимые в ИК	Двухслойные видимые в ИК	–	–	–	–	–
4	Специализированные красители	Металлизованные	Окисляющиеся	Проникающие	Вспучивающиеся	Цветопеременные OVI	Светочувствительные	Термочувствительные	Двухслойные термочувствительные	–	–	–
5	Водяные знаки	–	Тонирование бумажного полотна	Фигурное силиконовое покрытие	–	Водяной знак одноуровневый	–	–	–	–	Водяной знак двухуровневый	Водяной знак полутонный
6	Волокна и включения	–	–	УФ невидимые волокна	–	УФ видимые волокна	Металлизованные волокна	Термочувствительные волокна	Металлизованная нить в буммассе	Стежковая металлизированная нить	–	–
7	Тиснение и высечка	–	Фигурная высечка	Конгревное тиснение	–	Тиснение фольгой	–	Металлографический орнамент	Комплексная химическая защита	–	–	–
8	Тиснение и голография	–	Защитная склейка самокопирующих форм	–	–	–	–	Тиснение голографической пленкой	–	Припрессовка голограмм	–	–

**Рис. 1.** Классификация технологий полиграфической защиты по технологическим рядам с учетом меры надежности защиты

Благодаря приведенной на рис. 1 таблице, можно разработать комплекс полиграфической защиты, а также избежать повторения однотипной защиты, храня при этом достаточный уровень защищенности продукции.

В разработанной таблице (рис. 1) вертикальные столбцы определяют индекс надежности предсказуемой защиты. В зависимости от требований к полиграфическому продукту и, соответственно, суммарному индексу надежности комплекса защиты элементы могут быть классифицированы по значимости следующим образом:

- 1 – защиты, используемые только как вспомогательные;
- 2 – защиты, которые имеют удовлетворительную надежность;
- 3 – защиты достаточной надежности;
- 4 – защиты высокой мерой надежности;
- 5 – доминирующие защиты;
- 6 – защиты высшей меры надежности.

В зависимости от условий окружения (контролируемое или неконтролируемое) значимость использования защит того или иного технологического ряда может варьироваться. Данная конкретная защитная технология может быть высокоустойчива к фальсификации сама по себе, однако если в данных условиях обращения такая защита не может быть проверена – эффективность такой защиты снижается до нуля.

Исходя из этого, интегрированный показатель защищенности полиграфического изделия может быть вычислен как:

$$R_{итм} = \sum_{i=1}^N A_{ij} \sum_{j=1}^M R_{ij} x_{ij}, \quad (3)$$

где  $i$  – порядковый номер технологического ряда;

$j$  – порядковый номер защитной технологии в данном технологическом ряду;

$A_i$  – коэффициент значимости данного технологического ряда в конкретных условиях для конкретного вида полиграфических изделий;

$R_{ij}$  – коэффициент защищенности данной технологии полиграфической защиты [7];

$x_{ij}$  – множество защитных элементов, формирующих систему защиты полиграфического изделия, представлен в бинарном виде  $x \in \{0; 1\}$ .

Проблема подбора комплекса защитных полиграфических технологий для затруднения несанкционированного воспроизведения (фальсифицирования) неоднократно обсуждалась в работах [3, 7, 9, 12]. Как правило, подчеркивался творческий характер решения этой проблемы и необходимость сотрудничества с экспертом в данной области.

Формализация критериев подбора полиграфических защит, исходя из уровня защищенности продукта и увеличения себестоимости, приведена



в [3, 7, 12]. Перспективной видится дальнейшая работа по построению модели для задачи оптимизации параметров комплекса полиграфических защит, когда приоритетами выступают достаточность с точки зрения защищенности продукта (этикетки, упаковки) и коммерческий аспект печати.

## 6. Результаты исследования

### 6.1. Разработка математической модели

При решении конкретной задачи оптимизации исследователь прежде всего должен выбрать математический метод, с помощью которого можно будет получить конечный результат с наименьшими вычислительными затратами. Выбор того или иного метода в значительной степени определяется постановкой оптимизационной задачи, а также математической моделью объекта оптимизации.

Сформулируем задачу оптимизации параметров защитного полиграфического комплекса следующим образом [12].

Пусть значения параметров защитного комплекса, т. е. перечень применяемых технологий для защиты полиграфических изделий от фальсификации, составляет некоторое множество  $X$ . Выделим из этого множества подмножество  $x$ :  $x \in X$ , которые представляют значения параметров комплекса, потенциально применимых в данном конкретном случае. Например, использование в печати этикетки микротекста с обычным разрешением, микротекста с высоким разрешением, микроизображения – это параметры комплекса, которые принадлежат множеству  $X$ , тогда как печати орловская или ирисная этому множеству не принадлежат.

В этом случае параметр комплекса соответствует наличию (отсутствию) той или иной технологии полиграфической защиты и может быть представлен как:

$$\{x_i \geq 0; x_i \in X; i = \{1, N\}\}. \quad (4)$$

Данный вектор содержит характеристики комплекса полиграфических защит произвольной сложности.

С учетом значимости каждого параметра и, соответственно, уровня защищенности изделия, поставим элементам вектора в соответствие некоторую весовую характеристику  $R_{ij}$ :  $\{R_{ij} \geq 0; i = \{1, N\}; j = \{1, M\}\}$ .

Весовая характеристика  $R_{ij}$  – это коэффициент, который в условных единицах указывает на степень защищенности полиграфического изделия при условии включения данного защитного элемента в защитный комплекс. Конкретные значения весовых характеристик  $R_{ij}$  определяются на основании статистических исследований, с учетом вида защищаемого полиграфического изделия.

Составим для поставленной задачи функцию интегральной защищенности изделия (целевую функцию). При этом  $x_{ij}$  будут являться параметрами, которые нужно определить, исходя из максимизации совокупного уровня защиты. Корректность такой предпосылки показана в [10] и базируется на том, что логическая функция конъюнкции может быть интерпретирована как сумма соответствующих компонент в арифметическом смысле:

$$R_{инт} = R_1 x_1 + R_2 x_2 + \dots + R_n x_n = \sum_{i=1}^N R_i x_i \rightarrow \max,$$

$$R_{инт} = \sum_{i=1}^N A_i \sum_{j=1}^M R_{ij} x_{ij} \rightarrow \max. \quad (5)$$

Можно указать условия, при которых данный подход может привести к переоценке фактического уровня защищенности изделия. Авторы [3, 10] видят выход в необходимости учета сложности алгоритма формирования функции уровня защищенности, которую они связывают с уровнем затрат на реализацию данного алгоритма.

Условия, которые применяются к параметрам защитного комплекса, носят в основном экономическое происхождение – уменьшение себестоимости продукта. Однако косвенно здесь учитывается разнообразие используемых принципов противодействия фальсификаторам.

Формализация таких требований является непростой задачей, и на практике часто пользуются обобщенными данными, приведенными в [7], где уровень удорожания себестоимости по отношению к базовому продукту отображается стоимостными индексами (табл. 2).

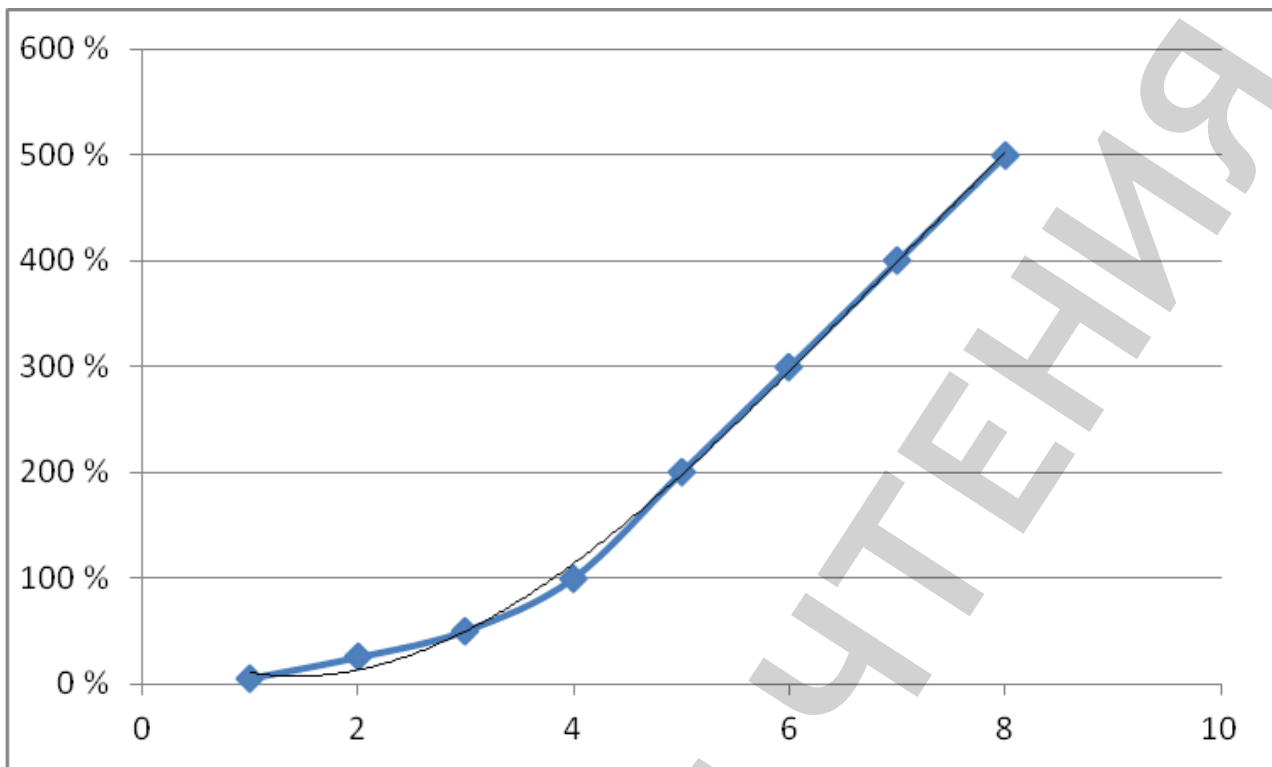
**Таблица 2**

Соответствие уровня удорожания себестоимости по отношению к базовому продукту

Стоимостной индекс	Удорожание по отношению к базовому продукту, %
1	0–5
2	5–30
3	30–50
4	50–100
5	100–200
6	200–300
7	300–400
8	400–500

Под условным базовым продуктом понимается соответствующий данной защите незащищенный полиграфический продукт. То есть маскирующим сеткам для мейлеров и мейлингов соответствует базовый незащищенный мейлер или мейлинг. Контурному силиконовому покрытию с тонированием силиконовой массы соответствует незащищенный полиграфический самоклеящийся продукт. Бумаге с водяным знаком соответствует продукт на незащищенной офсетной бумаге. УФ, ИК и термочувствительным краскам соответствует незащищенный продукт, выполненный обычными печатными красками.

Лучше всего соотношение между стоимостным индексом и удорожанием описывается полиномиальной зависимостью, как показано на графике рис. 2.



**Рис. 2.** График соотношения между стоимостным индексом и удорожанием

Совокупное удорожание себестоимости базового продукта можно в первом приближении определить как суммарный индекс удорожания себестоимости, определенный всеми примененными защитными технологиями.

Таким образом, совокупное удорожание себестоимости полиграфического изделия по сравнению с базовым может быть определено как:

$$C_{инт} = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n = \sum_{i=1}^N c_i x_i \leq C_0. \quad (6)$$

При этом, как правило, максимальное удорожание себестоимости ограничено некоторым уровнем  $C_0$ .

В итоге общая задача линейного программирования для выбора параметров, определяющих комплекс полиграфических защит, может выглядеть как:

$$R_{инт} = \sum_{i=1}^N A_i \sum_{j=1}^M R_{ij} x_{ij} \rightarrow \max, \quad (7)$$

$$C_{инт} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M c_{ij} x_{ij} \leq C_0.$$

Важным инструментом повышения эффективности численных методов линейного программирования, как и в других областях математики, является учёт дополнительной специфики решаемой задачи. За счёт усложнения логической структуры общего метода часто удается снизить его трудоемкость и упро-

стить требования, предъявляемые к мощности вычислительной техники.

При решении поставленной задачи для конкретных случаев полученные результаты будут отображать значения вектора примененных в защитном комплексе технологий, выраженных бинарными значениями («1» – технология включена, «0» – технология не включена). Однако анализ алгоритма решения задачи линейного программирования указывает на односторонний характер такого метода оптимизации относительно выбранного направления его применения – процесса подбора элементов комплексной полиграфической защиты. Суть этого недостатка состоит в том, что при описанной выше постановке задачи возможен выбор ряда недорогих однотипных защитных технологий, которые базируются на одном и том же технологическом принципе.

Таким образом, считаем целесообразным дополнить задачу оптимизации параметров подбора комплексной полиграфической защиты учётом технологических рядов, введя дополнительное условие – каждый технологический ряд должен быть представлен только одной защитной технологией.

Постановка задачи останется прежней для всех видов полиграфических изделий, однако дополняется условием вида:

$$\sum_{j=1}^N x_{ij} = 1, \quad (8)$$

для каждого  $i$ -го технологического ряда.

В итоге общая задача линейного программирования для выбора параметров, определяющих комплекс полиграфических защит, может выглядеть как:

$$\begin{aligned} R_{инт} &= \sum_{i=1}^N A_i \sum_{j=1}^M R_{ij} x_{ij} \rightarrow \max, \\ C_{инт} &= \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M c_{ij} x_{ij} \leq C_o, \\ \sum_{j=1}^M x_{ij} &= 1 \quad | \quad \forall i = 1, N. \end{aligned} \quad (9)$$

Результатом будет набор рекомендуемых защитных элементов, обеспечивающий максимально возможный рейтинг защиты с заданным ограничением уровня увеличения себестоимости.

## 6.2. Разработка системы показателей и методики оценки уровня защищенности полиграфической продукции

Для выявления степени важности учета тех или иных технологических рядов, был проведен экспериментальный учёт частоты использования защитных технологий в этикетках ликероводочной, пищевой продукции, лекарственных препаратов, выпускаемых полиграфическими предприятиями г. Харькова

(Украина). Была проанализирована возможность комбинирования различных защитных элементов для противодействия фальсификации.

С этой целью были проанализированы образцы защищенной печатной продукции, выделены основные элементы защиты, подсчитана частота встречаемости данного элемента (табл. 3).

ТОЛЬКО ДЛЯ ЧТЕНИЯ

Таблица 3

## Анализ применимости защитных технологий

Частота встречаемости, %	Весовой коэффициент, %	Защитный элемент	Этикетка Казацка рада	Этикетка Будьмо	Этикетка Хамилтон	Этикетка сябровка	Этикетка Русал салка-маяк	Этикетка Русал салка-волна	Этикетка Русал салка-рыбы	Этикетка водка Сре-тенка	Этикетка Смир-нофф	Этикетка Фин-ляндия	Этикетка Сто-лич-ная	Ком-плект эти-кеток для конь-яка, ком-пания Дов-гань-Укра-ина (Харь-ков)	Кол-басная этикет-ка Флек-сопринт
69	31	Фигурная высе-чка	-	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+	+
92	43	Краска ме-таллик	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
77	42	Пантонный цвет	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
85	33	Штрих-код	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
62	24	Микротекст 2пт	-	-	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+
23	9	микротекст 2пт выво-ротка	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+



По результатам обобщенного анализа вычислялся весовой коэффициент, с которым данный элемент защиты будет учитываться в интегрированной оценке защищенности изделия. Этот весовой коэффициент учитывал частоту встречаемости данного элемента в совокупности рассмотренных образцов, а также принадлежность элемента к определенному технологическому ряду. Так, например, применение красок-металликов или пантонных красок в качестве защитного элемента встречается в очень многих этикетках, они учитываются в пределах одного технологического ряда и являются взаимозаменяемыми элементами. Фигурная высека встречается по сравнению с металликами существенно реже, однако в рамках своего технологического ряда является преобладающим элементом защиты.

### **6.3. Оценка значимости использованных статистических данных**

В выборочном наблюдении используются понятия «генеральная совокупность» – изучаемая совокупность единиц, подлежащая изучению по интересующим исследователя признакам, и «выборочная совокупность» – случайно отобранная из генеральной совокупности некоторая ее часть. К данной выборке предъявляется требование репрезентативности, т. е. при изучении лишь части генеральной совокупности полученные выводы можно применять ко всей совокупности. Характеристиками генеральной и выборочной совокупностей могут служить средние значения изучаемых признаков, их дисперсии и средние квадратичные отклонения, мода и медиана и др.

Исследователя могут интересовать и распределения единиц по изучаемым признакам в генеральной и выборочной совокупностях. В этом случае частоты называются соответственно генеральными и выборочными.

Система правил отбора и способов характеристики единиц изучаемой совокупности составляет содержание выборочного метода. Суть метода состоит в получении первичных данных при наблюдении выборки с последующим обобщением и анализом. Полученные данные распространяются на всю генеральную совокупность, в предположении, что выводы, полученные на частной выборке, будут верны и для всей совокупности.

Репрезентативность выборки обеспечивается соблюдением принципа случайности отбора объектов совокупности в выборку. Если совокупность является качественно однородной, то принцип случайности реализуется простым случайным отбором объектов выборки. Простым случайным отбором называют такую процедуру образования выборки, которая обеспечивает для каждой единицы совокупности одинаковую вероятность быть выбранной для наблюдения, для любой выборки заданного объема.

Таким образом, цель выборочного метода – сделать вывод о значении признаков генеральной совокупности на основе информации случайной выборки из этой совокупности.

Мощность критерия – способность критерия обнаружить статистически значимые различия, если они действительно существуют. Планируя исследование, необходимо знать мощность используемого критерия. Имеет смысл начинать ис-



следование, когда есть хороший шанс обнаружить клинически значимые различия. И нет смысла тратить ресурсы на 40 % вероятность подтверждения эффекта нового лечебного средства. Обычно мощность выбирается на уровне 70–80 % ( $\beta=0,2-0,3$ ). Уровень значимости  $\alpha$  задается самим исследователем. В настоящее время для клинических исследований рекомендуют выбирать альфа 0,01 или даже 0,001.

$$n = \frac{pqZ_{\alpha}^2}{\Delta^2} = \frac{0,75 \cdot 0,25 \cdot 2,3^2}{0,05^2} \approx 400. \quad (10)$$

В данном случае можем рассматривать вид выборки как простую случайную выборку (простой рандомизированный отбор). При этом любая единица выборки имеет равные шансы быть отобранной.

Для количественных признаков:

$$n = \frac{s^2 Z_{\alpha}^2 N}{\Delta^2 N + s^2 Z_{\alpha}^2}, \quad (11)$$

где  $N$  – объем генеральной совокупности;  $\Delta$  – ошибка выборки – это объективно возникающее расхождение между характеристиками выборки и генеральной совокупности, так же как и уровень значимости, ошибка выборки задается самим исследователем. Ее предварительная оценка (предпочитаемая величина перед подстановкой в формулу) часто произвольна. Как правило, не рекомендуется принимать ошибку выборки выше 5 %.

Для номинальных и порядковых признаков (доли объектов с заданным признаком):

$$n = \frac{pqZ_{\alpha}^2 N}{\Delta^2 N + pqZ_{\alpha}^2}. \quad (12)$$

Репрезентативность выборки подтверждается статистическими расчётами. Чтобы оценить требуемый размах репрезентативной выборки  $n$ , применяется формула:

$$n = \frac{pqZ_{\alpha}^2 N}{\Delta^2 N + pqZ_{\alpha}^2} = \frac{0,75 \cdot 0,25 \cdot 2,3^2 \cdot 2500}{0,05^2 \cdot 2500 + 0,75 \cdot 0,25 \cdot 2,3^2} \approx 345, \quad (13)$$

где  $N$  – объем генеральной совокупности, для Харьковской области (Украина), насчитывающей порядка 500 полиграфических предприятий, было принято решение считать общий сортамент выпускаемых этикеток в 2500 наименований;

$\Delta$  – ошибка выборки, в соответствии с рекомендациями была принята в 5 %.

Уровень значимости  $\alpha$  выбран в соответствии с рекомендациями  $\alpha=0,015$ , что соответствует критическому значению  $Z$  стандартного нормального распределения  $Z=0,25$ .

Вероятностные величины  $q=1-p$ ,  $p$  подбираются эмпирическим путем, в работе приняты  $p=0,75$  и  $q=0,25$ .

При неизвестной численности генеральной совокупности для количественных признаков формула несколько упрощается, однако дает расчётный результат того же порядка:

$$n = \frac{pqZ_{\alpha}^2}{\Delta^2} = \frac{0,75 \cdot 0,25 \cdot 2,3^2}{0,05^2} \approx 400. \quad (14)$$

Таким образом, анализ более 500 этикеток (печатных изделий), выполненный в ходе исследования, можно считать достаточным с точки зрения статистической достоверности.

Исследование показывает, что наиболее часто в современных этикетках встречается использование нетрадиционных красок для печати – пантонных цветов, металлизированных красок. Часто встречается фигурная высечка этикетки. Популярными становятся печать защитных антисканерных сеток и микротекстовых надписей шрифтами кеглем менее 2 пт, что продиктовано борьбой с цифровой фальсификацией.

## 7. SWOT-анализ результатов исследований

*Strengths.* Предлагаемая методика позволяет облегчить и усовершенствовать работу дизайнера и разработчика полиграфических изделий (этикеток, упаковок), требующих использования элементов защиты от фальсификации. Основными принципами, на которых базируется методика, являются:

- комплексная система защиты предпочтительнее, чем использование отдельных элементов;
- основной фактор, сдерживающий фальсификатор – это экономический фактор. Если увеличение себестоимости продукта с защитными технологиями у фальсификатора будет выше, чем у разработчика, – такая защита признаётся удовлетворительной.

К сильным сторонам предлагаемой методики можно отнести:

- простоту реализации математических расчётов, в виде таблиц Excel или несложного программного продукта;
- удобство пользования для пользователя, недостаточно подготовленного в области защищенной полиграфии. Пользователь (дизайнер) оперирует привычными для себя терминами (этикетка, увеличение себестоимости);
- в основу методики положена классификация рядов, что обеспечивает применение в каждом конкретном изделии разных по принципам защиты элементов.

*Weaknesses.* К слабым сторонам предлагаемой методики можно отнести общий недостаток задач, решаемых методом линейного программирования. В частности, подбор комплекса начинается с элемента, который придаёт максимальную защищенность при минимальном удорожании себестоимости. При

этом может быть утеряна равнозначная комбинация менее действенных, но и менее затратных технологий.

*Opportunities.* Усовершенствование предлагаемой методики может быть связано с исследованием и выявлением значимости защитных полиграфических технологий для конкретных видов продукции. Введение дополнительных подкатегорий (винная этикетка или слабоалкогольная этикетка в категории «этикетка алкогольной продукции») позволит более точно учесть применимость защитных технологий в отдельных случаях.

Другим направлением перспективных исследований является применение более сложных математических методов, например, формальной теории графов.

Основной областью применения предлагаемой методики являются небольшие дизайнерские фирмы полиграфической направленности, разрабатывающие недорогие печатные изделия средних и малых тиражей. Для внедрения элементов полиграфической защиты от фальсификации в данных случаях часто не требуется участие опытного эксперта. Однако подбор оптимального комплекса защитных средств является важной задачей.

*Threats.* Методика предполагает постоянный мониторинг защитных технологий, средств печати и послепечатной обработки. Достаточно быстро появляются новые средства полиграфической защиты. Совершенствование оборудования приводит к удешевлению защитных технологий. Таким образом, возникает необходимость постоянного обновления и уточнения весовых коэффициентов.

Программное решение, позволяющее подобрать оптимальный защитный комплекс, рекомендует лишь набор защитных элементов, но не их размеры и расположение на защищаемом продукте. Размещение защитных элементов на оригинал-макете перекладывается на дизайнера-разработчика.

## **8. Выводы**

1. Выполнен анализ информационных технологий, используемых для защиты полиграфических изделий от несанкционированного копирования и фальсификации, и определено перспективное направление исследований, а именно – комплексная интегрированная оценка уровня защищенности продукта. Выделено 104 элемента, которые могут рассматриваться как препятствующие фальсификации. Выделено 6 характерных профилей (этикетка винная, этикетка парфюмерная и т. д.), для которых составлены списки приемлемых защитных элементов. В задаче оптимизации из этого списка выбираются лучшие по защитным свойствам в рамках ограничений.

2. Предложено применение методики интегральных показателей для оценки защищенности полиграфического изделия от фальсификации. Особенность методики состоит в определении весовых показателей с учетом 15 технологических рядов, чтобы исключить применение однотипных защитных элементов. Значимость каждого элемента в интегральной оценке определялось по результатам анализа 500 этикеток (печатных изделий).

3. Поставлена математическая задача подбора комплекса защитных полиграфических технологий методом линейной оптимизации. Оптимизируемым значением является интегрированная оценка уровня защищенности печатного

изделия от фальсификации, а основным ограничением – уровень увеличения себестоимости изделия вследствие использования защитных элементов.

### Литература

1. Anderson, R. Security Engineering: A Guide to Building Dependable Distributed Systems [Text] / R. Anderson. – John Wiley & Sons, 2001. – 640 p.
2. Lampert, C. Printing Technique Classification for Document Counterfeit Detection [Text] / C. Lampert, L. Mei, T. Breuel // 2006 International Conference on Computational Intelligence and Security. – 2006. – P. 1–6. doi:[10.1109/iccias.2006.294214](https://doi.org/10.1109/iccias.2006.294214)
3. Киричок, П. О. Захист цінних паперів та документів суворого обліку [Текст]: монографія / П. О. Киричок, Ю. М. Коростіль, А. В. Шевчук. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 368 с.
4. Cerulli, R. Finding Pattern Configurations for Bank Cheque Printing [Text] / R. Cerulli, R. De Leone, M. Gentili // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2014. – Vol. 108. – P. 219–234. doi:[10.1016/j.sbspro.2013.12.833](https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.833)
5. Seto, A. Ensuring document security and privacy in transpromo printing [Text] / A. Seto, J. Lisi, M. K. Ahmed // 2009 IEEE Toronto International Conference Science and Technology for Humanity (TIC-STH). – 2009. doi:[10.1109/ticsth.2009.5444488](https://doi.org/10.1109/ticsth.2009.5444488)
6. Simske, S. J. Qualification of security printing features [Text] / S. J. Simske, J. S. Aronoff, J. Arnabat // Optical Security and Counterfeit Deterrence Techniques VI. – 2006. – P. 1–12. doi:[10.1117/12.641762](https://doi.org/10.1117/12.641762)
7. Коншин, А. А. Защита полиграфической продукции от фальсификации [Текст] / А. А. Коншин. – М.: Синус, 1999. – 160 с.
8. Warner, R.D. Introduction to Security Printing [Text] / R. D. Warner, R. M. Adams II. –Ed. 2. – USA, Pittsburgh, PA: Printing Industries of America (PIA) Press, 2016. – 240 p.
9. Крестьянполь, О. А. Інформаційні технології в проектуванні системи захисту пакованої продукції [Текст]: монографія / О. А. Крестьянполь, Л. Ю. Крестьянполь, Б. О. Пальчевські; за ред. Б. О. Пальчевського. – Луцьк: Вежа-Друк, 2015. – 160 с.
10. Киричок, Т. Ю. Наукові основи забезпечення зносостійкості банкотної продукції [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук / Т. Ю. Киричок. – Львів, 2014. – 450 с.
11. Hampden-Smith, M. Overt security features through digital printing [Text] / M. Hampden-Smith, S. Haubrich, R. Kornbrekke, J. Shah, R. Bhatia, N. Hardman, R. Einhorn // Optical Security and Counterfeit Deterrence Techniques VI. – 2006. – P. 1–10. doi:[10.1117/12.641882](https://doi.org/10.1117/12.641882)
12. Бизюк, А. В. Расчет обобщенного показателя защищенности полиграфического изделия для информационной системы [Текст] / А. В. Бизюк, П. Е. Жернова // Бионика интеллекта. – 2016. – № 1 (86). – С. 63–67.