

Достоинством разработанного табличного метода вычисления элементарных функций в системе остаточных классов является как высокое быстродействие, так и асимптотика $O(\sum m_i)$ роста необходимых аппаратных ресурсов вычислителя. Так вычислитель, реализованный комбинационными схемами, способен выдавать результат за период одного тактирующего сигнала, при этом длина комбинационного пути может не превышать трех элементов.

Таблицы также могут храниться во внешней памяти, поиск осуществляется по основаниям независимо, причем может быть применен бинарный поиск с логарифмической асимптотикой, что решает проблему значительных аппаратных затрат при вычислениях с модулями большой разрядности.

Литература

1. Zhirmov V. V. Limits to Binary Logic Switch Scaling—A Gedanken Model [Текст] / Victor V. Zhirmov, Ralph K. Cavin, III, James A. Hutchby, George I. Bourianoff. Proceedings Of The IEEE, VOL. 91, NO. 11, november 2003. P.1.
2. Оцоков Ш. А. Диссертация кандидата технических наук. Алгоритмическая и структурная организация высокопроизводительных ЭВМ с использованием модели безошибочных вычислений. 2003 г. / дис. ... канд. техн. наук: 05.13.15, 05.13.05. Москва, 2003. С.13, 264.
3. Червяков Н. И. Реализация высокоэффективной модулярной цифровой обработки сигналов на основе программируемых логических интегральных схем. 2006 г. // Нейрокомпьютеры: разработка и применение. №10. 2006. С. 24–36.
4. Гранкин В. В., Мезенцева О. С. К вопросу о разработке полиномиального метода вычисления элементарных функций в модулярном коде. 2013 г. // Материалы II Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы современной науки». Выпуск 2, том 2. Тенденции развития информационных технологий. Ставрополь: СевКавГТИ, 2013 г. С. 165–169.
5. Грегори Р, Кришнамурти Е. Безошибочные вычисления. Методы и приложения. 1992 г. / пер. с англ. М.: «Мир», 1992. С. 21.

УДК 004.9

Жарких Андрей Анатольевич, Шагрова Галина Вячеславовна

СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ ЛАТЕНТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В статье представлены результаты проведенного исследования методов, используемых для формирования латентных изображений. Предложено определение системы формирования и контроля латентных изображений объединяющей свойства всех латентных изображений.

Ключевые слова: латентное изображение, скрытое изображение, скрываемое изображение, выявленное изображение.

Zharkikh Andrey A., Shagrova Galina V.

SYSTEM FOR DEVELOPMENT AND CONTROL OF LATENT IMAGES

This item presents the results of research into the methods employed for latent image development. The author proposes a definition for a system of latent image development and control, which comprises the features of all latent images.

Key words: latent image, hidden image, uncovered image.

В настоящее время существует множество различных способов формирования изображений обладающих свойством изменения видимости своих элементов при изменении условий наблюдения или способа его регистрации, которые принято называть латентными изображениями. При этом зачастую, при разработке таких алгоритмов, не учитываются свойства общие для всех латентных изобра-

жений, а при выявлении скрытой информации не используются обобщенные алгоритмы выявления скрытых изображений. Поэтому классификация методов внедрения в изображение информации, которая может быть представлена другим изображением, позволит оптимизировать процесс выявления скрытого изображения.

Совокупность методов и алгоритмов, позволяющих внедрить одно изображение в другое будем называть системой формирования и контроля латентных изображений (СФКЛИ). СФКЛИ $L=(F, F^{-1}, I, S, P, V)$ является частным случаем стеганографической системы и представляет собой совокупность исходных I , скрывааемых S изображений, способов выявления V и формирования P , а также связывающих их преобразований – прямых F и обратных F^{-1} .

Под прямыми преобразованиями будем понимать преобразования, не зависящие от предыдущих трансформаций. К таким преобразованиям относятся: $F(i, s, p) = \widetilde{i}_{s,p}$ – описывающее процесс формирования латентного изображения i, s, p ; $F(is, p) = \widetilde{i}_{s,p}$ – преобразование латентного изображения в ходе передачи; $F(\widetilde{i}_{s,p}, v) = s_{p,v}$ – описывающее процесс выявления скрытого изображения $s_{p,v}$ способом не зависящим от способа формирования. А под обратным будем понимать преобразование $F^{-1}(\widetilde{i}_{s,p}, p) = s_p$, описывающее процесс выявления скрытого изображения s_p на основе способа обратного преобразования латентного изображения.

Под формированием латентного изображения $i_{s,p}$ с помощью системы L будем понимать процесс прямого графического преобразования F к конкретным i, s, p . Под выявлением латентного изображения скрытого изображения s_p будем понимать процесс обратного графического преобразования F^{-1} над конкретными $\widetilde{i}_{s,p}$ и p или прямого F над конкретными $\widetilde{i}_{s,p}$ и v .

Можно выделить 7 состояний СФКЛИ L (рис. 1).

0. Выбор исходного i , скрытого s изображений и конкретного способа формирования p .
1. Элементы i, s, p подвергаются прямому преобразованию $F(i, s, p)$.
2. Исходное изображение i преобразуется в латентное $\widetilde{i}_{s,p}$.
3. В процессе передачи по различным каналам с возможными искажениями, связанными как со злым умыслом, так и техническими особенностями устройств передачи изображения копия латентного изображения $\widetilde{i}_{s,p}$ подвергается различным преобразованиям $F(is, p)$.
4. Латентное изображение is, p непосредственно перед считыванием скрытого изображения после преобразований $F(\widetilde{i}_{s,p})$ становится контрольным латентным изображением $\widetilde{i}_{s,p}$.
5. Элемент $\widetilde{i}_{s,p}$ в сочетании с элементом p подвергаются обратному преобразованию $F^{-1}(\widetilde{i}_{s,p}, p)$ или в сочетании с элементом v прямому преобразованию $F(\widetilde{i}_{s,p}, v)$.
6. Контрольное латентное изображение $\widetilde{i}_{s,p}$ преобразуется в выявленное скрытое изображение латентное $s_{p,v}$.

В зависимости от способов формирования P , выявления V и передачи, лежащих в основе процесса формирования латентного изображения можно выделить следующие классы латентных изображений:

- цифровые латентные изображения;
- цифро-аналоговые латентные изображения;
- физико-химические латентные изображения.

Формирование и выявление цифровых латентных изображений производится цифровыми устройствами, передача осуществляется исключительно по цифровым каналам связи. К данному классу латентных изображений можно отнести цифровые водяные знаки (ЦВЗ).

Учитывая, что передача данного класса латентных изображений происходит исключительно по цифровым каналам связи, уровень их надежности определяется стойкостью к разрушительным процессам сопутствующим такой передаче, а также невозможностью выделения исходного и скрытого изображения в первоначальном виде. В качестве основных примеров деструктивных воздействий на цифровое латентное изображение можно назвать сжатие, масштабирование, поворот.

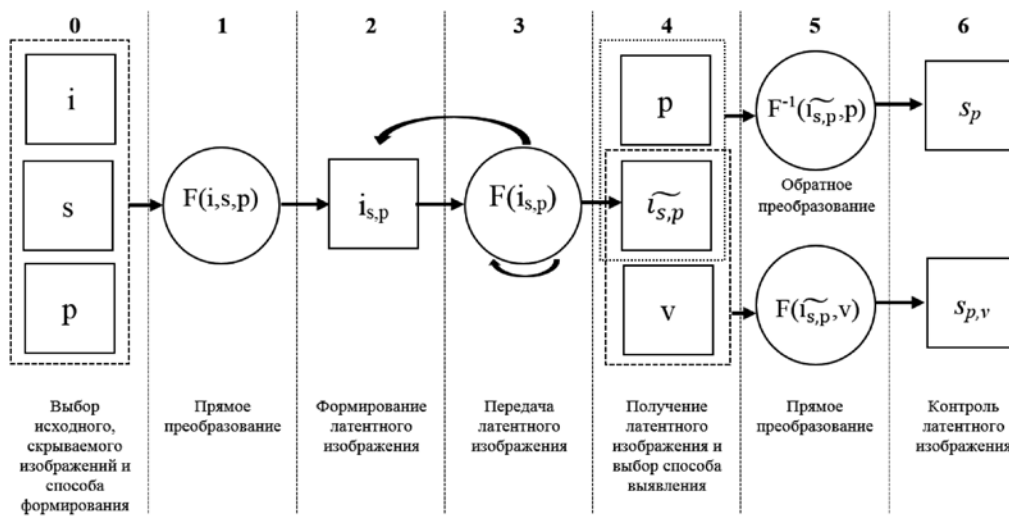


Рис. 1. Схема процессов формирования и контроля латентных изображений в СКФЛИ

На сегодняшний день известно много алгоритмов для встраивания данных в цифровое изображение, однако лишь ограниченный набор позволяет использовать в качестве внедряемой информации другое изображение.

Методы формирования цифровых латентных изображений можно разделить на две группы: пространственные и частотные.

Пространственные методы подразумевают внедрение скрытого изображения за счет преобразования яркостей исходного изображения $l(x,y) \in \{1, \dots, L\}$ или цветовых составляющих красного $r(x,y) \in \{0, \dots, 255\}$, зеленого $g(x,y) \in \{0, \dots, 255\}$, и синего $b(x,y) \in \{0, \dots, 255\}$. Построение изображения реализуется следующими алгоритмами [1, 2]:

- алгоритм наименее значащего бита (НЗБ);
- алгоритм замены палитры (ЗП);
- алгоритм квантования изображения (КИ);
- алгоритм Дармтедтера;
- алгоритм Лангелаара;
- алгоритм растривания изображения совокупностью растровых структур (РИСРС).

Частотные методы подразумевают внедрение скрытого изображения за счет изменения декомпозиции исходного изображения полученной при вейвлет-преобразовании или дискретном косинусном преобразовании с последующим восстановлением. К данной группе методов можно отнести следующие [1]:

- алгоритм Жао;
- алгоритм Хсу;
- алгоритм Чей;
- алгоритм Кундура.

Практически все алгоритмы формирования цифровых латентных изображений, за исключением алгоритма РИСРС [2], предполагают внедрение бинарного скрытого изображения $s \in \{0, 1\}$ в полутонное исходное изображение или в один из каналов цветного изображения.

Как известно, человеческий глаз имеет наиболее низкое восприятие к синему цвету. Учитывая данную особенность, а также то, что с математической точки зрения, полноцветное изображение в системе RGB представляет собой совокупность из трех матриц одинакового размера, с одинаковыми диапазонами значений $\{0, 1, \dots, 255\}$, встраивание обычно производится в синий канал.

Цифро-аналоговые методы предполагают формирование латентных изображений с помощью цифровых устройств, а передачу – с помощью аналоговых, например, с помощью печатающих устройств. Выявление осуществляется с помощью аналогового или цифрового устройства.

Выделяют следующие группы цифро-аналоговых методов формирования:

- **методы, основанные на использовании различно-ориентированных растровых структур[3].**

Для построения латентного изображения выбираются две растровые структуры со схожими или совпадающими частотными характеристиками, с различным ориентированием. Обычно для формирования данного типа латентных изображений выбираются линейчатые растры.

Внедрение скрываемого черно-белого изображения происходит в однородные области исходного изображения. Значимые биты скрываемого изображения растрируются с помощью одной растровой структуры, а остальная область внедрения – другой. Пример такого изображения представлен на рис. 2.

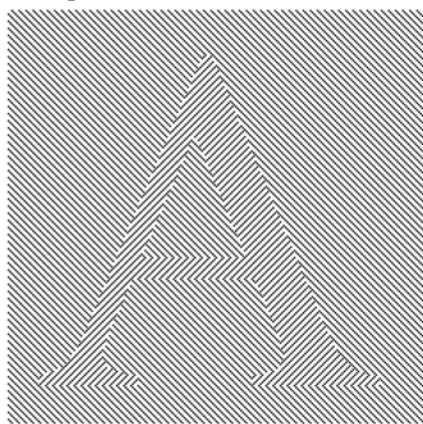


Рис. 2. Латентное изображение, с различно-ориентированными структурами

- **Методы, основанные на использовании различных линиатур раstra[3].** Для построения латентного изображения выбираются две различные линиатуры со значениями превышающими порог различения ($>150\text{lpi}$).

Внедрение скрываемого черно-белого изображения происходит в однородные области исходного изображения. Значимые биты скрываемого изображения растрируются с одной линиатурой, а остальная область внедрения – другой. Примеры таких изображений представлены на рис. 3.

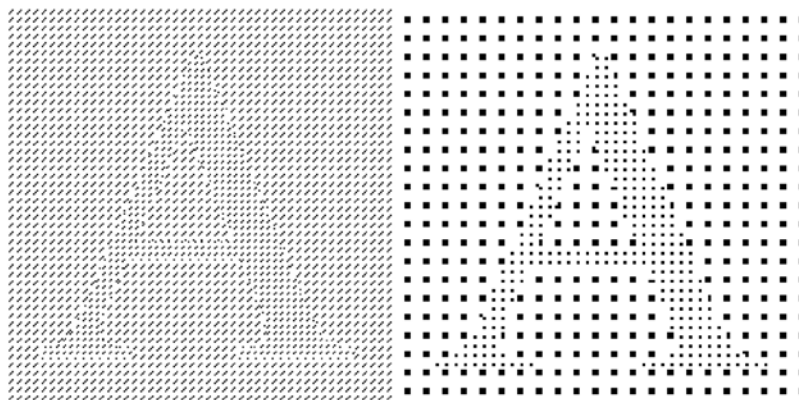


Рис. 3. Латентные изображения, с растрами различных линиатур

- **Метод, основанный на использовании различных амплитудно-модулированных растровых структур [4].** Для построения латентного изображения выбираются две различные амплитудно-модулированные растровые структуры со схожими частотными характеристиками, но имеющие явные структурные различия.

Для внедрения скрываемого черно-белого изображения происходит в однородные области исходного изображения. Значимые биты скрываемого изображения растриваются с одной растровой структурой, а остальная область внедрения – другой.

- **Методы, основанные на фазовом сдвиге растровых структур [5].** Внедрение скрываемого черно-белого изображения происходит в однородные области исходного изображения. Исходное изображение растривается, затем для внедрения значимого бита скрываемого изображения происходит сдвиг растровой точки в определенном направлении с шагом менее периода растровой структуры. Самый простой пример такого изображения представлен на рис. 4.

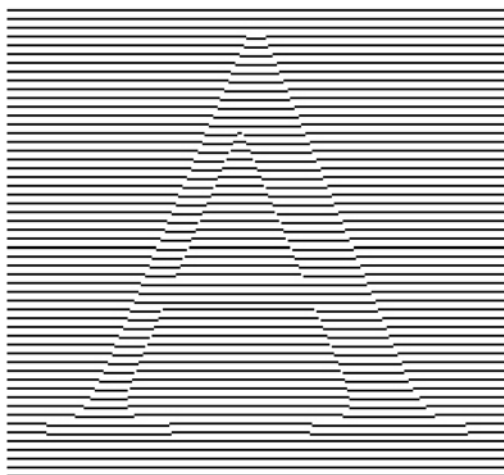


Рис. 4. Латентное изображение, со сдвигом фазы растровых структур

Физико-химические латентные изображения формируются непосредственно на защищаемой поверхности либо веществами, не воспринимаемыми человеческим глазом при нормальных условиях окружающей среды, но проявляемых при определенном физическом или химическом воздействии, либо наносятся специальными способами, обеспечивающие видимость скрытого изображения под определенным углом. Этапу передачи соответствует весь период существования защищаемого объекта. Выявление таких изображений осуществляется с помощью специальных устройств или невооруженным взглядом при изменении условий наблюдения.

Выделяют следующие группы цифро-аналоговых методов формирования:

- **Голограммы [6].** Согласно определению понятия латентного изображения, учитывая, что определенные грани зафиксированного на голограмме объекта становятся видимыми под определенным углом обзора, классическая голограмма сама по себе является латентным изображением. Каждая из граней голограммы представляет собой скрытое изображение. Таким образом, голограмма содержит в себе несколько скрытых изображений.

Помимо скрытых изображений, проявляемых на голограммах при изменении угла обзора, в голограммы, созданные с использованием цифровых технологий, могут встраиваться элементы, считываемые приборами в ультрафиолетовых, инфракрасных или лазерных лучах.

- **Латентные изображения, нанесенные специальными красками.** После нанесения скрытого изображения на любую поверхность, включая печатную продукцию, с помощью защитных красок, визуальный образ, создаваемый данной поверхностью признается латентным

изображением. Для нанесения изображений используются: флуорисцентные краски, становящиеся видимыми при воздействии УФ-излучения; фотохромные краски, становящиеся видимыми при воздействии солнечного света; иридисцентные краски, становящиеся видимыми при воздействии ИК излучения; термохромные краски, становящиеся видимыми при тепловом воздействии.

- **Поляризационные латентные изображения [7].** Латентные изображения данного вида образуются наложением изготовленной специальным образом прозрачной поляризационной пленки на исходное или другое латентное изображение. Поляризационная пленка создается из прозрачных полимеров с нанесением термическим, химическим или радиационным способом скрытого изображения визуализируемого при просмотре через поляризатор.
- **Латентное изображение с внедренным технологическим водяным знаком** представляет собой полиграфическую продукцию, выполненную на бумаге, отдельным участком которой характерны различные значения плотности. Внедрение скрытых изображений методом водяного знака осуществляется за счет уменьшения или увеличения толщины бумаги, на которой нанесено исходное изображение, таким образом, чтобы участки с измененной толщиной бумаги представляли образ скрытого изображения [8].

Система формирования и контроля латентных изображений представляет собой совокупность исходных I , скрываемых S изображений, способов выявления V и формирования P , а также связывающих их преобразований – прямых F и обратных F^{-1} . СФКЛИ имеет 7 состояний. В зависимости от способов формирования, контроля и передачи латентных изображений, можно выделить три важных частных случая ЛГС: цифровые латентные изображения, цифро-аналоговые латентные изображения и физико-химические латентные изображения.

Литература

1. Грибунин В. Г., Оков И. Н., Туринцев И. В. Цифровая стеганография. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009. 272 с.
2. Топчиев И. Н. Математическое моделирование и программный комплекс для контроля магнитных полей и латентных изображений: дис. ... канд. тех. Наук. Ставрополь, 2010. 168 с.
3. Корочкин Л. С. Материалы и методы защиты специальных бумаг и документов от подделки. Минск: НТУП «Криптотех», 2001, 264 с.
4. Шевелев А. А. Разработка способа защиты полиграфической продукции с использованием скрытого растрового изображения: дис. ... канд. тех. Наук. Москва, 2009. 150 с.
5. Глумов Н. И. Алгоритм извлечения скрытой информации из отсканированных полиграфических изделий / Н. И. Глумов, В. А. Митекин, А. В. Сергеев, В. А. Федосеев // Вестник СГАУ, № 2 (15). 2008. С. 216–220.
6. Федоров Б. Ф., Цибульский Л. М. Голография. М.: Радио и связь, 1989. 144 с.
7. Increased-security identification card system: patent US 5284364: IC B42D 15/10, G06K 1/00, G06K 1/12, G06K 19/14, G06K 19/08, B42D 015/00 / Jain; Kanti (Briarcliff Manor, NY); Assignee: Anvik Corp.; declared 10.06.1992; published 8.02.1994, Appl. No.07/897,199
8. Способы защиты документов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.bnti.ru/showart.asp?aid=940&lvl=01.03.05.&p=1>. Дата обращения: 10.11.2014).