

А. Н. ОРЕШИН, И. А. САИТОВ, Н. А. ОРЕШИН
**СТРАТЕГИЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА УСЛУГ
ВИДЕОСВЯЗИ НА ОСНОВЕ ФИЛЬТРАЦИИ ВИДЕОПОТОКА,
СОДЕРЖАЩЕГО КАДРЫ-ВСТАВКИ С ИНФОРМАЦИОННЫМ
ШУМОМ**

Орешин А.Н., Саитов И.А., Орешин Н.А. Стратегия повышения качества услуг видеосвязи на основе фильтрации видеопотока, содержащего кадры-вставки с информационным шумом.

Аннотация. На основе проведенных исследований свойств изображений в работе предложена модель информационного шума в видеопотоке, а также алгоритм идентификации кадров, содержащих дополнительную информацию. Представлена методика идентификации кадров с информационным шумом на основе оценки интегральной яркости изображений кадров, корреляционного анализа гистограмм и сравнения коэффициентов аппроксимирующих полиномов. Показано, что совместное применение разработанной методики и технологий, обеспечивающих плавную трансформацию одного изображения в другое, способствует повышению качества предоставляемых услуг видеосвязи, защищая пользователя от различных негативных воздействий.

Ключевые слова: видеопоток, кадр-вставка, информационный шум, интенсивность пикселя, яркость изображения кадров.

Oreshin A.N., Saitov I.A., Oreshin N.A. Strategy of the Video Communication Services Quality Enhancement Based on the Filtration of a Video Stream Containing Snap-Insertions with Information Noise.

Abstract. Based on the performed image quality research, the given paper offers an information noise model in a video stream and an identification algorithm of the snapshots containing additional information. An identification procedure for the snapshots with information noise based on the integral brightness snaps image, correlation analysis of histograms and comparison of approximate polynomial indexes is presented. It is shown that a combined application of the developed procedure and technologies ensuring facile transformation of one image into another supports the available video communication services quality enhancement thus protecting users from various negative effects.

Keywords: video stream, snap-insertion, information noise, pixel intensity, shot image brightness.

1. Введение. Вследствие событий в Украине экономика России оказалась в блокаде санкций. Аппарат правительства прорабатывает ответ на санкции Запада для защиты интересов государства, граждан, национальной экономики и финансовой системы. Ключевое звено в системе экономики и финансов занимает человек, поэтому в первую очередь необходимо учесть все возможные каналы дестабилизирующего воздействия на него. Один из таких каналов возникает при оказании услуг видеосвязи. Качество услуг видеосвязи существенно зависит от достоверности передаваемых по каналу видеосвязи данных, в том числе отсутствия или наличия в видеокадрах информационного шума инъективно или биективно дополняющего изображения. Информационный шум различного характера может оказывать негативное воздей-

стве на пользователя и использоваться как инструмент влияния на лиц принимающих решения, определяющих вектор развития нашего государства.

2. Актуальность решаемой технической задачи. Высокая технологическая и психологическая активность, современные технологии, а вследствие этого жесткая конкуренция подталкивают человечество к поиску дополнительных механизмов генерации и активации информационного шума в видеопотоке, оказывающего в большей степени сублиминальное влияние – воздействие на уровень бессознательного восприятия человека с помощью подпороговых стимулов.

Одним из вариантов воздействия на подсознание интересующего лица является внедрение в некоторые изображения видеокadres информационного шума, как во время трансляций телепередач, так и во время видеоконференций.

На плановом заседании рабочей группы депутатов РФ, спикер Государственной думы РФ Сергей Нарышкин затронул вопрос о создании и поддержки Евросоюзом информационного шума вокруг Украины, использующегося как часть информационной войны и информационного давления на отдельные политические силы, а не достоверного, объективного информационного пространства.

Ввести информацию в канал видеосвязи можно разными способами:

- генерацией информационного шума и отображением его на изображениях кадров видеопотока обслуживающим персоналом;
- видеовставкой кадра с информационным шумом с помощью специальных программ;
- видеовставкой на абонентском или линейном кроссе и др.

Для предотвращения такого рода влияния на общественное и индивидуальное мнение, убеждение, восприятие и сознание, актуальными становятся задачи по идентификации кадров с информационным шумом и восстановления видеопотока.

Концептуальным решением большинства известных методов идентификации кадров видеопотока является сравнение интегральных яркостей двух последовательных кадров с априорно заданным ее пороговым значением. Данный механизм не является идеальным, с точки зрения ошибки принятия решения по идентификации интересующих кадров, так как динамика смены изображений в кадрах видеопотока не позволяет вычислить требуемое для сравнения пороговое значение яркости.

3. Свойства изображений в кадрах видеопотока. Идентификацию кадров с информационным шумом в видеопотоке будем осуществлять в предположении, что изображения видеокadres $K_{видк}$

и кадров-вставок $K_{вст}^k$ являются растровыми, то есть представляющие собой сетку пикселей – цветных точек на носителе цифрового изображения.

К важным характеристикам растрового изображения отнесем:

- ограниченное количество пикселей, которое может указываться отдельно как по ширине и высоте, так и в целом на изображение;
- достаточное для практики количество используемых цветов, то есть глубина цвета;
- возможность использования различных цветовых моделей (цветовых пространств), в частности *RGB*, *HSI*, *CMYK*;
- высокое разрешение.

При растровом изображении k -ый кадр можно представить в виде множества пикселей $\pi_{i,j}^k$ на прямоугольном носителе, которое математически будем описывать двумерной матрицей $K_{пот}^k = \|\pi_{i,j}^k\|, i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}$, где k – номер наблюдаемого кадра, i и j – соответственно номера столбца и строки матрицы, на пересечениях которых расположен пиксель.

Поскольку пиксель $\pi_{i,j}^k$ характеризуется определённым цветом $c_{i,j}^k, c_{ij}^k = (r_{ij}^k, g_{ij}^k, b_{ij}^k)$, то растровым изображением кадра является множество цветных точек на носителе видеоинформации: $I_k = \|\|c_{i,j}^k\|\|, i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}$.

С учетом введенных обозначений цвета пикселя $c_{i,j}^k$ и определения кадра K , изображение I_k k -го кадра представим в форме матрицы размером $I \times J$, где I и J – соответственно число столбцов и строк матрицы:

$$I_k = \begin{bmatrix} c_{0,0}^k & c_{0,1}^k & \cdots & c_{0,J-1}^k \\ c_{1,0}^k & c_{1,1}^k & \cdots & c_{1,J-1}^k \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ c_{I-1,0}^k & c_{I-1,1}^k & \cdots & c_{I-1,J-1}^k \end{bmatrix}. \quad (1)$$

4. Модель информационного шума. Природа информационного шума на изображениях кадров видеопотока многогранна. Предста-

вим информационный шум $I_{k''}$ k'' -го кадра в виде матрицы размером $L \times S$:

$$I_{k''} = \begin{bmatrix} c_{0,0}^{k''} & c_{0,1}^{k''} & \cdots & c_{0,S-1}^{k''} \\ c_{1,0}^{k''} & c_{1,1}^{k''} & \cdots & c_{1,S-1}^{k''} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ c_{L-1,0}^{k''} & c_{L-1,1}^{k''} & \cdots & c_{L-1,S-1}^{k''} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где L и S – соответственно число столбцов и строк матрицы; $c_{l,s}^{k''}$ – цвет пикселя матрицы информационного шума, поддерживающий прозрачность (цвет в глобальной палитре формата *GIF*).

Процедуру заливки изображения видеопотока информационным шумом изобразим в виде отображения $f: I_{k''} \rightarrow I_k$, носящего или инъективный $\forall c_{i,j}^k \in f(I_{k''}) \subseteq I_k \exists! c_{l,s}^{k''} \in I_{k''} : f(c_{l,s}^{k''}) = c_{i,j}^k$, или биективный $\forall c_{i,j}^k \in f(I_{k''}) = I_k \exists! c_{l,s}^{k''} \in I_{k''} : f(c_{l,s}^{k''}) = c_{i,j}^k$ характер, тогда пиксели изображения I_k k -го кадра (1) с информационным шумом примут цвет, при следующих условиях:

$$c_{i,j}^k = \begin{cases} c_{i,j}^k, & i, j \notin I_{k''}; \\ c_{l,s}^{k''}, & i, j \in I_{k''}, \text{ и } c_{l,s}^{k''} \text{ – непрозрачный;} \\ c_{i,j}^k, & i, j \in I_{k''}, \text{ и } c_{l,s}^{k''} \text{ – прозрачный.} \end{cases} \quad (3)$$

5. Обобщенный алгоритм идентификации кадров-вставок с информационным шумом в видеопотоке. Исследования статистических свойств изображений двух последовательных кадров в одном и разных сюжетах, а также кадров-вставок с информационным шумом показывают, что уменьшение значений ошибок первого α и второго β рода возможно благодаря использованию математического аппарата, обеспечивающего возможность осуществлять следующие операции:

- оценку интегральной яркости изображений кадров-сверток;
- проведение корреляционного анализа гистограмм изображений кадров видеопотока;

- сравнение коэффициентов полиномов, аппроксимирующих гистограммы изображений кадров видеопотока;
- принятие решения о классе кадров видеопотока.

С учетом сказанного, обобщенный алгоритм идентификации кадров-вставок с информационным шумом в видеопотоке представим в следующем виде (рисунок 1).

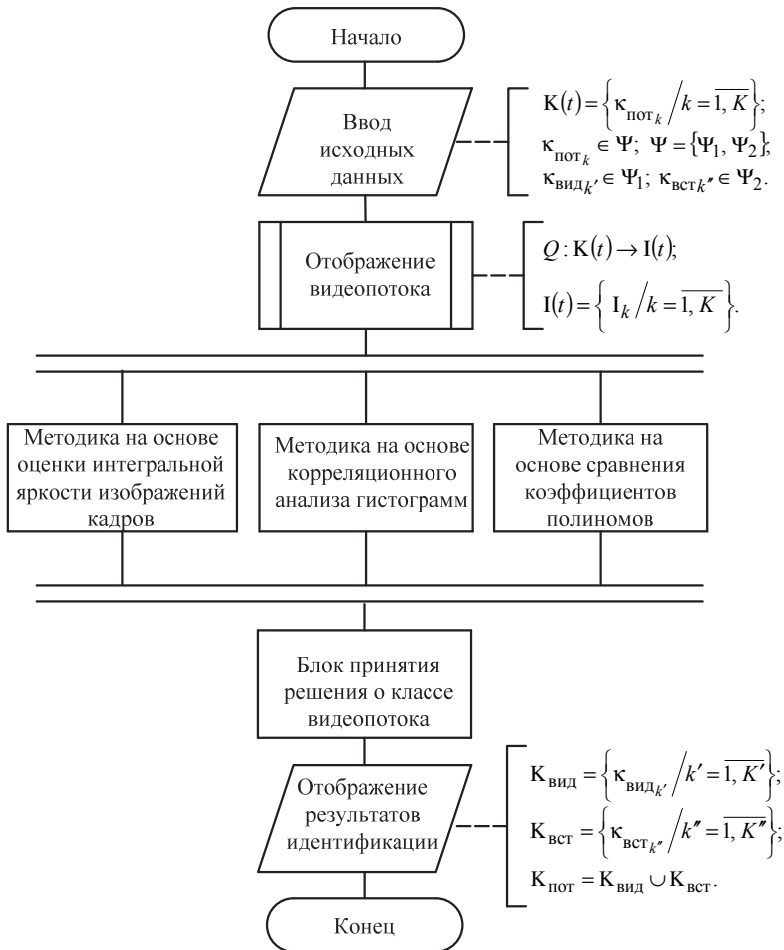


Рис. 1. Алгоритм идентификации кадров-вставок с информационным шумом в видеопотоке

Исходными данными для его функционирования являются:

$K(t) = \left\{ \kappa_{\text{пот}_k} \right\} = \kappa_{\text{пот}_1}, \kappa_{\text{пот}_2}, \kappa_{\text{пот}_3}, \dots$ – множество кадров в потоке видеоданных;

$\Psi_1, \Psi_2 \in \Psi$ – множество классов кадров в видеопотоке;

Ψ_1 – класс, включающий кадры видеоизображения $\kappa_{\text{вид}_k} \in \Psi_1$;

Ψ_2 – класс, включающий кадры-вставки $\kappa_{\text{вст}_k} \in \Psi_2$.

Предлагаемый алгоритм идентификации кадров-вставок с информационным шумом $K_{\text{вст}} = \left\{ \kappa_{\text{вст}_k} / k = \overline{1, K} \right\} \in \Psi_2$ основывается

на цифровых способах обработки видеоданных и начинается с определения последовательности изображений $I(t) = \left\{ I_k / k = \overline{1, K} \right\}$, элементами которого являются изображения I_k k -го кадра, входящего в видеопоток

$K(t) = \left\{ \kappa_{\text{пот}_k} / k = \overline{1, K} \right\}$, по выражению (1). Это действие математически опишем в виде отображения $Q: K(t) \rightarrow I(t)$, где

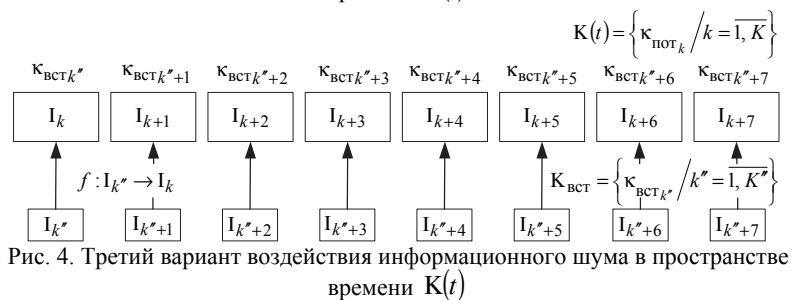
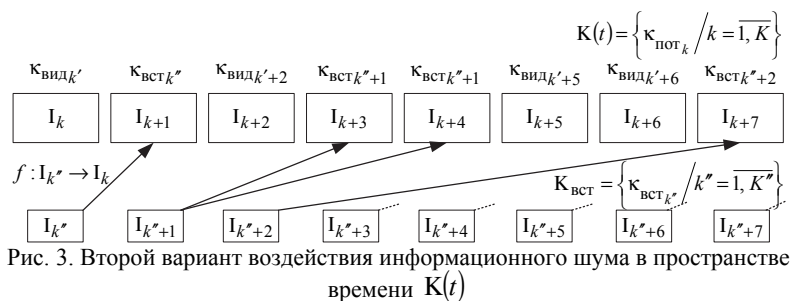
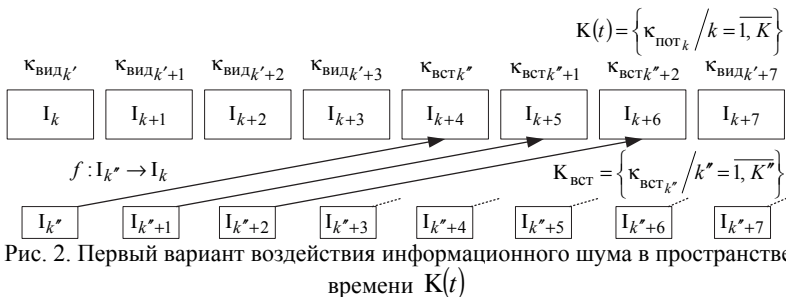
$$I(t) = \left\{ I_k / k = \overline{1, K} \right\}.$$

Затем путем цифровой обработки потока изображений кадров $I(t)$ тремя подходами, основанными на вычислении интегральной яркости изображений кадров-сверток, проведении корреляционно-го анализа гистограмм изображений кадров и сравнении коэффициентов полиномов, аппроксимируемых гистограммы изображений кадров, определяется по мажоритарному способу класс кадров видеопотока: $\kappa_{\text{вид}_k} \in \Psi_1, \kappa_{\text{вст}_k} \in \Psi_2$.

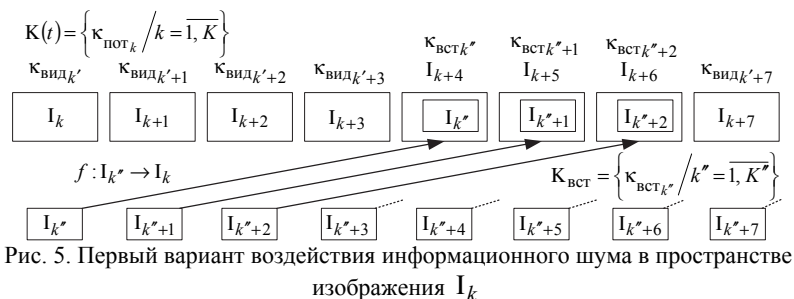
При решении задач фильтрации необходимо учитывать следующие особенности информационного шума в видеопотоке:

1. Характер воздействия информационного шума на изображения кадров видеопотока:

– в пространстве времени $K(t) = \left\{ \kappa_{\text{пот}_k} / k = \overline{1, K} \right\}$ (рисунки 2–4):



– в пространстве изображения I_k (рисунки 5–7)



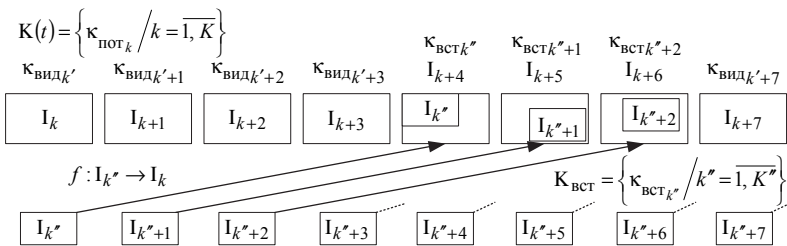


Рис. 6. Второй вариант воздействия информационного шума в пространстве изображения I_k

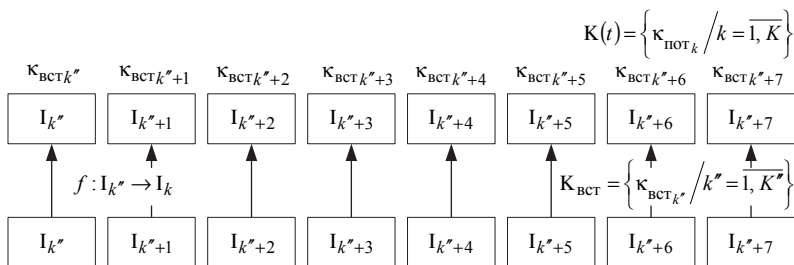


Рис. 7. Третий вариант воздействия информационного шума в пространстве изображения I_k

2. Яростные и цветные составляющие информационного шума по отношению к изображению.

3. Детерминированный или случайный характер информационного шума на изображениях I_k'' кадров видеопотока

$$K_{вст} = \left\{ K_{встk''} / k'' = \overline{1, K''} \right\}.$$

4. Процесс удаления информационного шума с изображения не позволит получить исходное изображение, как очистка принимаемого сигнала с аддитивным шумом в канале связи.

6. Методика идентификации кадров-вставок на основе оценки интегральной яркости изображений кадров-сверток. Первый подход к идентификации кадров-вставок с информационным шумом позволяет по отношению к известным методам обработки видеоданных уменьшить ошибки первого α и второго β рода при оценке классов кадров, в которых интегральная яркость изображений кадров сюжетной линии характеризуется некоторой стационарностью.

Он основан на анализе свойств и цифровой обработке изображений кадров, образующих последовательность (наблюдаемое окно), состоящую из восьми кадров: $I_{окн} = \left\{ I_k / k = \overline{1, 8} \right\}$. При этом для каж-

дого изображения I_k k -го кадра определяется интегральная яркость по выражению:

$$C_k = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J r_{i,j}^k + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J g_{i,j}^k + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J b_{i,j}^k. \quad (4)$$

В результате цифровой обработки пар изображений I_k и I_{k+1} кадров $\mathbf{K}_{\text{пот}_k}$, $\mathbf{K}_{\text{пот}_{k+1}}$ наблюдаемого окна находится окно $\mathbf{I}_{\text{сверт}} = \left\{ I_{k,k+1} / k = \overline{1,7} \right\}$ изображений $I_{k,k+1}$ кадров-сверток, выражаемых матрицей

$$\mathbf{I}_{k,k+1} = |I_k - I_{k+1}| = \begin{bmatrix} c_{0,0}^{(k,k+1)} & c_{0,1}^{(k,k+1)} & \dots & c_{0,J-1}^{(k,k+1)} \\ c_{1,0}^{(k,k+1)} & c_{1,1}^{(k,k+1)} & \dots & c_{1,J-1}^{(k,k+1)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ c_{I-1,0}^{(k,k+1)} & c_{I-1,1}^{(k,k+1)} & \dots & c_{I-1,J-1}^{(k,k+1)} \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Элементами данной матрицы являются трехэлементные кортежи $c_{i,j}^{(k,k+1)} = \left(\left| r_{i,j}^k - r_{i,j}^{k+1} \right|, \left| g_{i,j}^k - g_{i,j}^{k+1} \right|, \left| b_{i,j}^k - b_{i,j}^{k+1} \right| \right)$, полученные путем вычитания по модулю соответствующих интенсивностей изображений I_k, I_{k+1} и которые в дальнейшем используются для определения интегральной яркости $C_{k,k+1}$ изображения $I_{k,k+1}$ кадра-свертки:

$$C_{k,k+1} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \left| r_{i,j}^k - r_{i,j}^{k+1} \right| + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \left| g_{i,j}^k - g_{i,j}^{k+1} \right| + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \left| b_{i,j}^k - b_{i,j}^{k+1} \right|. \quad (6)$$

Оценка класса кадра $\Psi_1, \Psi_2 \in \Psi$ при таком подходе осуществляется способом сравнения величин $C_{k,k+1} \in C_{\text{сверт}}$, где $k = \overline{4,7}$ с пороговым значением $C_{\text{пор}_1}$ (рисунки 8–10), определяемым (с учетом априорно заданной абсолютной погрешности интегральной яркости изображений кадров-сверток Δ_1) как среднее арифметическое инте-

гральных яркостей изображений первых трех кадров-сверток, полученных в анализируемом окне:

$$C_{\text{пор}_1} = \frac{\sum_{k=1}^3 C_{k,k+1}}{3} + \Delta_1. \quad (7)$$

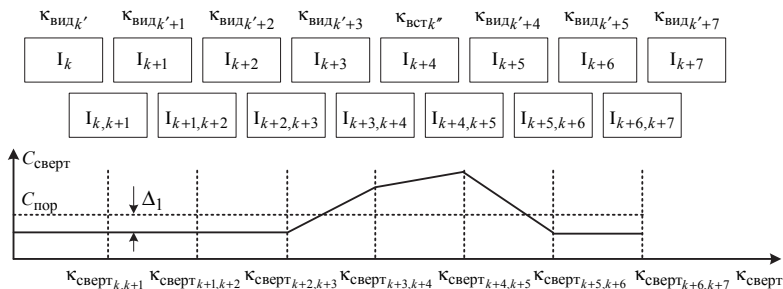


Рис. 8. Оценка интегральной яркости изображений кадров-сверток, при одном кадре-вставке

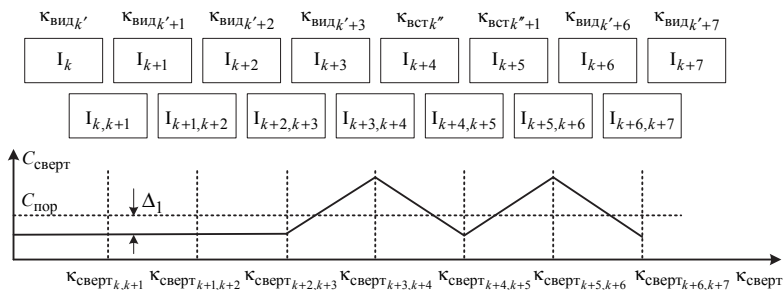


Рис. 9. Оценка интегральной яркости изображений кадров-сверток, при двух кадрах-вставок

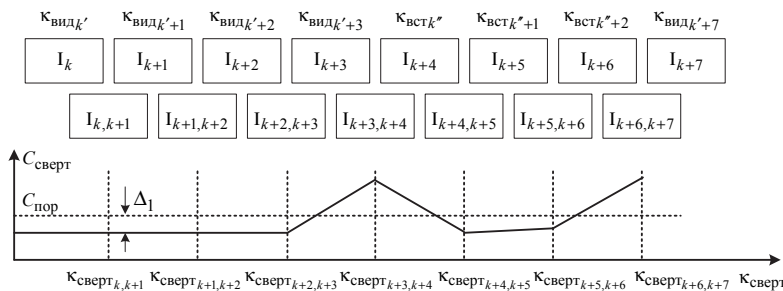


Рис. 10. Оценка интегральной яркости изображений кадров-сверток, при трех кадрах-вставок

Если вторая граница дифференциальной яркостной составляющей кадра-свертки, превышающая $C_{пор1}$, выходит за пределы наблюдаемого окна, то идентифицируется переход на следующую сюжетную линию, т. е. $\kappa_{потk'} \in \Psi_1$.

7. Методика идентификации кадров-вставок на основе корреляционного анализа гистограмм изображений кадров видеопотока. Второй подход к идентификации кадров-вставок с информационным шумом позволяет по отношению к первому подходу уменьшить ошибки первого α и второго β рода при оценке классов кадров, в которых изображения динамично изменяются. Этот подход основан на анализе свойств и цифровой обработки изображений кадров видеопотока, образующих последовательность окон, состоящих из восьми кадров: $I_{окн} = \left\{ I_k / k = \overline{1,8} \right\}$.

При этом, поскольку в цветовой модели *RGB* основные составляющие r_{ij}^k , g_{ij}^k , b_{ij}^k цвета c_{ij}^k пикселя $\tau_{i,j}^k$ являются случайными величинами, то для сравнительного анализа изображений кадров $\kappa_{потk}$ наблюдаемого окна в данном подходе используется закон распределения $p^k(\xi)$ этих величин, который устанавливает связь между возможными значениями интенсивностями $\xi_{i,\xi}^k$ цветов пикселя k -ого кадра и соответствующими им статистическими вероятностями $p^k(\xi_{i,\xi}^k)$. Этот закон распределения будем задавать в виде гистограммы, в которой по горизонтальной оси указывается интенсивность $r_{i,r}^k$ ($g_{i,g}^k$, $b_{i,b}^k$) пикселей k -того кадра, а по вертикали – относительное число пикселей $p^k(r)$ ($p^k(g)$, $p^k(b)$) с конкретным значением интенсивности (рисунк 11).

Поскольку в *RGB* изображении каждая из компонент цвета $c_{ij}^k = \left(r_{ij}^k, g_{ij}^k, b_{ij}^k \right)$ пикселя (красная, зеленая и синяя) является 8-битовой, то суммарное число всевозможных интенсивностей составля-

ет $2^8 = 256$ (то есть $r_{i^r}^k = \overline{0, 255}$, $i^r = \overline{1, 256}$; $g_{i^g}^k = \overline{0, 255}$, $i^g = \overline{1, 256}$; $b_{i^b}^k = \overline{0, 255}$, $i^b = \overline{1, 256}$), а суммарное число всевозможных цветов пикселя – $2^{8^3} = 11777216$.

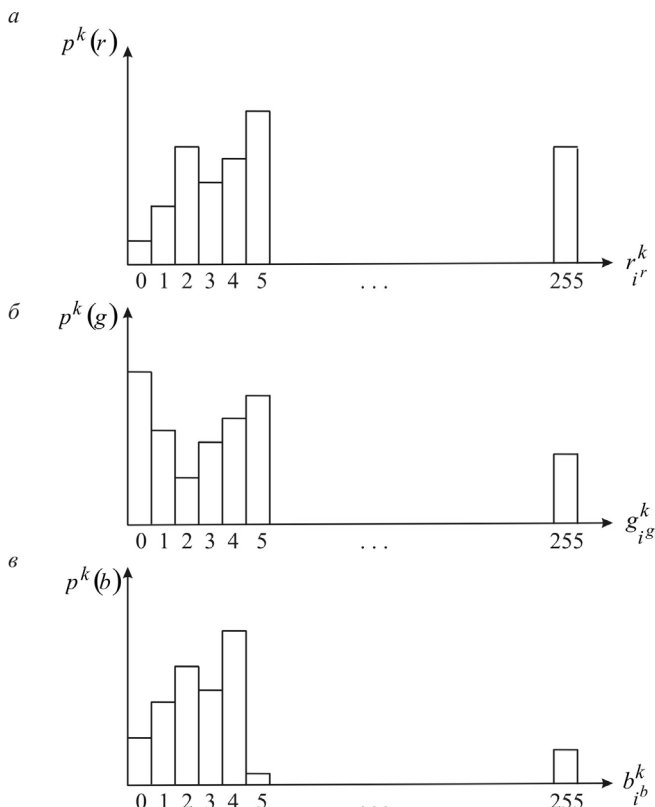


Рис. 11. Гистограммы изображения по основным компонентам цвета: а – по красному цвету; б – по синему цвету; в – по зеленому цвету.

Относительное число $p^k(r)$ ($p^k(g)$, $p^k(b)$) пикселей с конкретным значением интенсивности определяется по выражению $p = n/I \times J$, где n – число пикселей $\pi_{i,j}^k$ с конкретным значением интенсивности, I и J – соответственно число столбцов и строк матрицы изображения, $I \times J$ – общее число пикселей в изображении.

По графикам $p^k(\xi)$ статистического распределения интенсивностей ξ в цифровом изображении кадра k -го окна определяются следующие характеристики:

– оценка математического ожидания интенсивности изображения кадра:

$$\tilde{m}_{p^k(\xi)} = \sum_{i^{\xi}=1}^{256} p^k(\xi_{i^{\xi}}^k) \times \xi_{i^{\xi}}^k ; \quad (8)$$

– оценка дисперсии интенсивности изображения кадра

$$\tilde{D}_{p^k(\xi)} = \frac{\sum_{i^{\xi}=1}^{256} (\xi_{i^{\xi}}^k - \tilde{m}_{p^k(\xi)})^2}{255} ; \quad (9)$$

– оценка среднеквадратичного отклонения:

$$\tilde{\sigma}_{p^k(\xi)} = \sqrt{\tilde{D}_{p^k(\xi)}} = \sqrt{\frac{\sum_{i^{\xi}=1}^{256} (\xi_{i^{\xi}}^k - \tilde{m}_{p^k(\xi)})^2}{255}} . \quad (10)$$

Затем для семи пар кадров окна по всем основным компонентам цвета r, g, b пикселя определяются оценки коэффициентов корреляции по формуле:

$$\tilde{K}_{k,k+1}(\xi) = \frac{\sum_{i^{\xi}=1}^{256} (\xi_{i^{\xi}}^k - \tilde{m}_{p^k(\xi)}) (\xi_{i^{\xi}}^{k+1} - \tilde{m}_{p^{k+1}(\xi)})}{255 \times \tilde{\sigma}_{p^k(\xi)} \tilde{\sigma}_{p^{k+1}(\xi)}} , \quad (11)$$

а для четырехэлементных групп изображений кадров:

$$\left\{ I_k, I_{k+1}, I_{k+2}, I_{k+3} \right\}, \left\{ I_{k+1}, I_{k+2}, I_{k+3}, I_{k+4} \right\}, \dots, \left\{ I_{k+4}, I_{k+5}, I_{k+6}, I_{k+7} \right\} \quad (12)$$

находятся средние арифметические значения коэффициентов корреляции:

$$\tilde{K}_{\text{средн}_k}(\xi) = \frac{\tilde{K}_{k,k+1}(\xi) + \tilde{K}_{k+1,k+2}(\xi) + \tilde{K}_{k,k+3}(\xi)}{3}, \quad (13)$$

где $k = \overline{1, 3}$. По результатам сравнения коэффициентов корреляции $\tilde{K}_{k,k+1}(\xi)$ со средними значениями коэффициентов корреляции $\tilde{K}_{\text{средн}_k}(\xi)$ по критерию $\tilde{K}_{\text{средн}_k}(\xi) > \tilde{K}_{k+h,k+h+1}(\xi) + \Delta_3$, $h = \overline{0, 6}$ (рисунки 12–14), принимается решение о классе кадра входного потока, где Δ_2 – абсолютная погрешность, определяемая эмпирически.

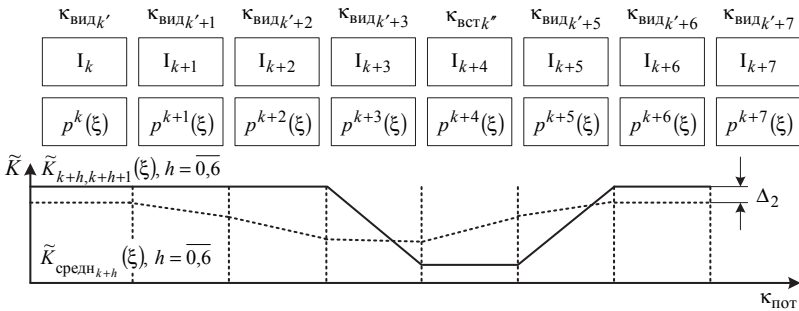


Рис. 12. Корреляционный анализ гистограмм изображений кадров, при одном кадре-вставке

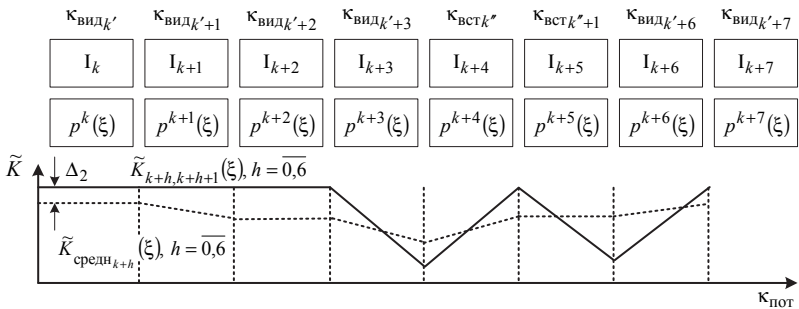


Рис. 13. Корреляционный анализ гистограмм изображений кадров, при двух кадрах-вставок

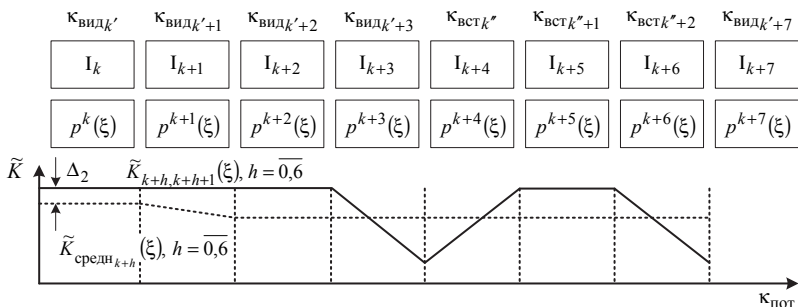


Рис. 14. Корреляционный анализ гистограмм изображений кадров, при трех кадрах-вставок

Проведенный эксперимент показал низкую чувствительность данного подхода к кадрам-вставкам со слабо изменяющимися гистограммами изображений.

8. Методика идентификации кадров-вставок на основе сравнения коэффициентов полиномов, аппроксимирующих гистограммы изображений кадров видеопотока. Третий подход к идентификации кадров-вставок позволяет при совместном использовании предыдущих методов существенно уменьшить ошибки первого α и второго β рода при оценке классов кадров, в которых часть изображений статична, а другая часть динамично изменяется. Этот подход, также как и второй, основан на анализе свойств и цифровой обработке изображений кадров, образующих последовательность наблюдаемых окон, состоящих из восьми кадров: $I_{\text{окн}} = \left\{ I_k / k = \overline{1,8} \right\}$. При этом для

каждого изображения I_k окна аналогично, как и ранее, находятся три гистограммы $p^k(\xi)$ по интенсивностям $\xi \in (r, g, b)$ основных компонентов цвета пикселя.

Применяя дроби Чебышева:

$$f(\xi) = \frac{A_0 \xi^N + A_1 \xi^{N-1} + \dots + A_N}{\xi^M + B_1 \xi^{M-1} + \dots + B_M}, \quad (14)$$

где $A_n / n = \overline{1, N}$ – параметры числителя дроби; $B_m / m = \overline{1, M}$ – параметры знаменателя дроби; $M + N = 255$ – число варьируемых параметров дроби, аппроксимируем методом интерполирования все 24 гис-

тограммы $p^{k^o}(\xi)$, $k^o = \overline{1, 8}$, $\xi \in (r, g, b)$, характеризующие изображения всех восьми кадров наблюдаемого окна по трем основным компонентам цвета пикселя.

При интерполировании гистограмм $p^{k^o}(\xi)$ варьируемые параметры A_n и B_m дробей Чебышева $f(\xi)$ выбираются с такими значениями, при которых выполняются условия $f^{k^o}\left(\xi_{i^{\xi}}^{k^o}\right) = p^{k^o}\left(\xi_{i^{\xi}}^{k^o}\right)$, где $k^o = \overline{1, 8}$, $\xi \in (r, g, b)$, $i^{\xi} = \overline{1, 256}$ – узлы интерполирования.

Заметим, что разность $f^{k^o}\left(\xi_{i^{\xi}}^{k^o}\right) - p^{k^o}\left(\xi_{i^{\xi}}^{k^o}\right)$, характеризующая отклонение аппроксимирующей функции $f(\xi)$ от аппроксимируемой гистограммы $p(\xi)$, равна нулю в узлах интерполирования $\xi_{i^{\xi}}^{k^o}$. При переходе функции через узел интерполирования эта разность изменяет знак на противоположное значение. Между соседними узлами интерполирования значение знака не изменяется.

Несмотря на то, что поведение дробно рациональной функции $f^{k^o}(\xi)$ между узлами интерполирования не контролируется и значения ее в этом интервале могут существенно отличаться от значений аппроксимируемой гистограммы, данная процедура обеспечивает преобразование гистограммы, заданной таблицей, в функцию, описываемую аналитически.

Затем, объединяя варьируемые параметры A_n и B_m дробей Чебышева $f(\xi)$ в множество

$$H_k = \left\| \begin{array}{cccccccc} A_{r_0}^k & A_{r_1}^k & \dots & A_{r_N}^k & B_{r_0}^k & B_{r_1}^k & \dots & B_{r_M}^k \\ A_{g_0}^k & A_{g_1}^k & \dots & A_{g_N}^k & B_{g_0}^k & B_{g_1}^k & \dots & B_{g_M}^k \\ A_{b_0}^k & A_{b_1}^k & \dots & A_{b_N}^k & B_{b_0}^k & B_{b_1}^k & \dots & B_{b_M}^k \end{array} \right\|, \quad (15)$$

определяем семь разностей матриц:

$$\begin{aligned}
H_{k,k+1} &= |H_k - H_{k+1}| = \\
&= \left| \begin{array}{cccc}
A_{r_0}^{k,k+1} & A_{r_1}^{k,k+1} & \dots & A_{r_N}^{k,k+1} \\
A_{g_0}^{k,k+1} & A_{g_1}^{k,k+1} & \dots & A_{g_N}^{k,k+1} \\
A_{b_0}^{k,k+1} & A_{b_1}^{k,k+1} & \dots & A_{b_N}^{k,k+1} \\
B_{r_0}^{k,k+1} & B_{r_1}^{k,k+1} & \dots & B_{r_M}^{k,k+1} \\
B_{g_0}^{k,k+1} & B_{g_1}^{k,k+1} & \dots & B_{g_M}^{k,k+1} \\
B_{b_0}^{k,k+1} & B_{b_1}^{k,k+1} & \dots & B_{b_M}^{k,k+1}
\end{array} \right|, \tag{16}
\end{aligned}$$

где $k = \overline{1,7}$ – текущий номер разностей матриц в $I_{\text{ОКН}} = \{I_k / k = \overline{1,8}\}$.

По результатам поэлементного сравнения значений параметров полиномов Чебышева, множеств $H_{k+h,k+h+1}$, $h = \overline{3,6}$ в наблюдаемом окне, с пороговым значением:

$$\sup \left\{ H_{k+h,k+h+1} / h = \overline{0,2} \right\} + \Delta_3, \tag{17}$$

где Δ_3 – абсолютная погрешность, принимается решение о классе кадров входного потока (рисунки 15–17).

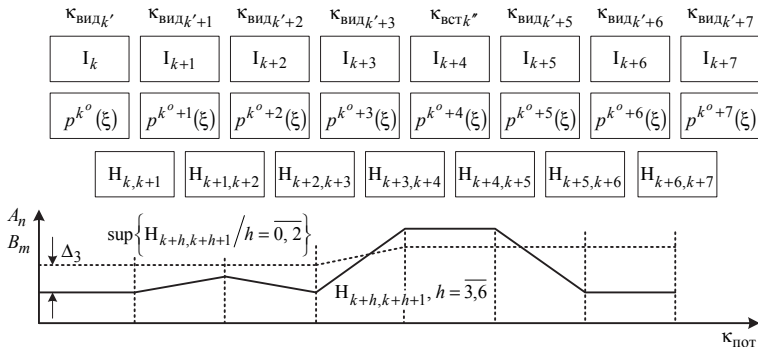


Рис. 15. Сравнение коэффициентов полиномов, аппроксимируемых гистограммы изображений кадров, при одном кадре-вставки

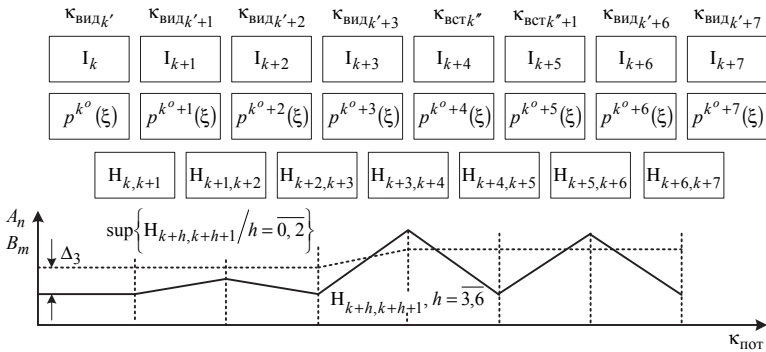


Рис. 16. Сравнение коэффициентов полиномов, аппроксимируемых гистограммы изображений кадров, при двух кадрах-вставок

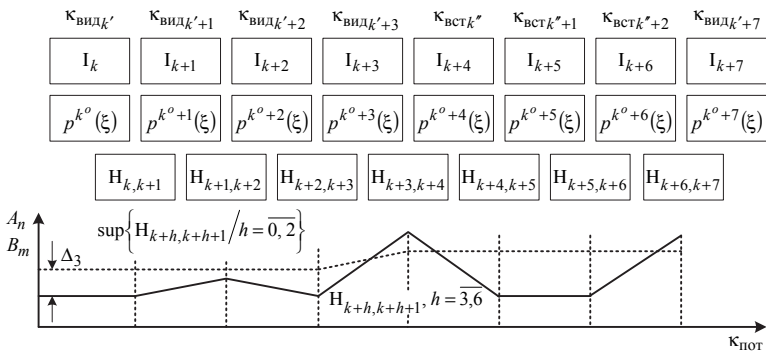


Рис. 17. Сравнение коэффициентов полиномов, аппроксимируемых гистограммы изображений кадров, при трех кадрах-вставок

Окончательное решение о классе кадров $\Psi_1, \Psi_2 \in \Psi$ принимается по мажоритарному правилу, то есть в случае если две из трех параллельно работающие методики идентифицировали кадр как кадр-вставку с информационным шумом $\kappa_{\text{вст}k''} \in \Psi_2$ и эти кадры совпадают, то считается что это вставка.

На следующем этапе осуществляется верификация кадров-вставок по дифференциальной интегральной яркости кадров обрамляющих идентифицированные кадры $C_{k,k+n+1}$, где n – количество идентифицированных кадров. На практике это значение не должно

превышать порог принятия решения Δ_4 , определяемый экспериментальным путем в зависимости от динамики смены изображений.

Предлагаемый подход позволяет идентифицировать кадры-вставки при следующих ограничениях:

- количество кадров в визуальной вставке не превышает трех;
- первые четыре кадра сюжетной линии не являются вставкой;
- вставка не располагается на границе двух сюжетных линий;
- информационный шум в группе соседних изображений кадров-вставок находится в фиксированном, а не хаотичном пространстве изображения I_k (рисунок 6);
- все кадры видеопотока не являются информационным шумом (рисунок 7).

При удалении идентифицированных кадров-вставок с информационным шумом формируется видеопоток с дискретным изменением сюжетной линии в изображениях. Также может оказаться, что полезная информация сосредоточена именно на удаленных кадрах не закрытых информационным шумом. Сегментируя пространство информационного шума на изображениях кадров-вставок [3, 8, 16, 17, 18] и используя технологии, обеспечивающие плавную трансформацию одного изображения в другое [19], предоставляется возможность получить видеопоток без дополнений, не применяя процедуры удаления кадров. Существует множество подходов к решению задачи сегментации [3, 8], основанных на разности яркости информационного шума и изображения. Математическое обоснование методов заключается в вычислении производных, представленных для цифровых изображений в виде дискретных приближений градиента. В качестве градиентных методов выделяют операторы Робертса, Превитта, Собела, Лапласиана и др. Для обнаружения границ информационного шума на изображении предлагается использовать оператор Лапласиана в сочетании со сглаживанием по методу Гаусса [3, 8, 16, 17, 18].

11. Заключение. На основе проведенных исследований свойств изображений, в статье представлена модель, учитывающая различные особенности информационного шума в кадрах видеопотока. Применение сформулированной стратегии позволит повысить качество предоставления услуг видеосвязи, существенно снижая риск дестабилизирующих воздействий на пользователей, на основе предложенных механизмов идентификации кадров с информационным шумом, включающих разработанные методики оценки интегральной яркости изображений кадров, корреляционного анализа гистограмм и сравнения коэффициентов полиномов их аппроксимирующих, а также фильтрации, направленной на восстановление видеопотока.

Литература

1. *Ерош И.Л., Сергеев М.Б., Соловьев Н.В.* Обработка и распознавание изображений в системах превентивной безопасности // СПб.: ГУАП. 2005. 154 с.
2. *Красильников Н.Н.* Цифровая обработка изображений // М.: Вузовская книга. 2001. 320 с.
3. *Грузман И.С.* Цифровая обработка изображений в информационных системах // НГТУ.: Новосибирск. 2000. 156 с.
4. *Потапов А.А., Пахомов А.А., Никитин С.А., Гуляев Ю.В.* Новейшие методы обработки изображений // М.: Физматлит. 2008. 496 с.
5. *Яншин В.В.* Анализ и обработка изображений: принципы и алгоритмы // М.: Машиностроение. 1994. 112 с.
6. *Анисимов Б.В., Курчатов В.Д., Злобин В.К.* Распознавание и цифровая обработка изображений // М.: Высшая школа. 1983. 295 с.
7. *Ярославский Л.П.* Введение в цифровую обработку изображений // М.: Советское радио. 1979. 312 с.
8. *Гонсалес Р., Вудс Р., Чочиа П.А.* Мир цифровой обработки. Цифровая обработка изображений // М.: Техносфера. 2006. 1072 с.
9. *Визильтер Ю., Желтов С., Князь В., Ходарев А., Моржин А.* Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW и IMAQ Vision // М.: ДМК Пресс. 2008. 464 с.
10. *Орешин А.Н., Скурнович А.В., Тукелев А.В.* Стратегия определения видеовставок в мультимедийном потоке информации // Телекоммуникации. 2011. № 4. С. 35–43.
11. *Орешин А.Н., Лысанов И.Ю.* Методика идентификации кадра-вставки в потоке видеоданных на основе корреляционного анализа гистограмм изображений кадров с динамическим порогом принятия решения // Информационные системы и технологии. 2014. № 6. С. 129–138.
12. *Орешин А.Н., Лысанов И.Ю., Романов Н.В.* Разработка стратегии определения видеовставок в мультимедийном потоке информации процесса мониторинга функционирования станков с дистанционным числовым программным управлением // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2013. № 4. С. 37–44.
13. *Таха Хэмди А.* Введение в исследование операций. 6-е издание // М.: Издательский дом "Вильямс". 2001. 915 с.
14. *Arora S., Hazan E., Kale S.* The multiplicative weights update method: A meta-algorithm and applications // Theory OF Computing. 2012. pp. 121–164.
15. *Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К.* Алгоритмы: построение и анализ. 3-е издание // М.: Издательский дом "Вильямс". 2013. 1323 с.
16. *Shapiro L.G., Stockman G.C.* Computer Vision // New Jersey. Prentice-Hall. 2001. 608 p.
17. *Dzung L. Pham, Chenyang Xu and Jerry L.* Current Methods in Medical Image Segmentation // Annual Review of Biomedical Engineering. 2000. vol. 2. pp. 315–337.
18. *Grady L.* Random Walks for Image Segmentation // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2006. vol. 28. no. 11. pp. 1768–1783.
19. *FantaMorph Deluxe 5.4.6, CrazyTalk Pro 7.32.3114.1, CrazyTalk 7.3.2215.1 Pro Retail + Custom Content Packs + Portable, Portable Morpheus Photo Animation Suite 3.17 Build 4188.0 Industrial, Morpheus Photo Animation Suite 3.17 Build 4188.0 Industrial + Rus.* URL: www.cwer.ws/tag (soft:.) (дата обращения: 15.02.2015).

References

1. *Erosh I.L., Sergeev M.B., Solov'ev N.V.* *Obrabotka i raspoznavanie izobrazhenij v sistemah preventivnoj bezopasnosti* [Image processing and recognition in preventive safety systems]. Spb.: GUAP. 2005. 154 p. (In Russ.).

2. Krasil'nikov N.N. *Cifrovaja obrabotka izobrazhenij* [Image digital processing]. Moscow: Vuzovskaja kniga. 2001. 320 p. (In Russ.).
3. Gruzman I.S. *Cifrovaja obrabotka izobrazhenij v informacionnyh sistemah* [Image digital processing in information systems]. NGTU.: Novosibirsk. 2000. 156 p. (In Russ.).
4. Potapov A.A., Pahomov A.A., Nikitin S.A., Guljaev Ju.V. *Novejschie metody obrabotki izobrazhenij* [The latest methods of image processing]. Moscow: Fizmatlit. 2008. 496 p. (In Russ.).
5. Janshin V.V. *Analiz i obrabotka izobrazhenij: principy i algoritmy* [Image analysis and processing: principles and algorithms]. Moscow: Mashinostroenie. 1994. 112 p. (In Russ.).
6. Anisimov B.V., Kurchatov V.D., Zlobin V.K. *Raspoznavanie i cifrovaja obrabotka izobrazhenij* [Image recognition and digital processing]. Moscow: Vysshaja shkola. 1983. 295 p. (In Russ.).
7. Jaroslavskij L.P. *Vvedenie v cifrovuju obrabotku izobrazhenij* [Introduction into image digital processing]. Moscow: Sovetskoe radio. 1979. 312 p. (In Russ.).
8. Gonsales R., Vuds R., Chochia P.A. *World of the digital processing* [Digital Image Processing]. Moscow: Tehnosfera Publ. 2006. 1072 p. (In Russ.).
9. Vizil'ter Ju., Zheltov S., Knjaz' V., Hodarev A., Morzhin A. *Obrabotka i analiz cifrovyyh izobrazhenij s primerami na LabVIEW i IMAQ Vision* [Digital images processing and analysis with examples in LabVIEW and IMAQ Vision]. Moscow: DMK Press. 2008. 464 p. (In Russ.).
10. Oreshin A.N., Skurnovich A.V., Tukelev A.V. [Snap-insertion definition strategy in a multimedia information stream]. *Telekommunikacii – Telecommunications*. 2011. vol. 4. pp. 35–43. (In Russ.).
11. Oreshin A.N., Lysanov I.Ju. [Snap-insertion identification procedure in a video data stream based on the correlative analysis of the histograms of snap images with a dynamic threshold of decision making]. *Informacionnye sistemy i tehnologii – Information systems and technologies*. 2014. vol. 6. pp. 129–138. (In Russ.).
12. Oreshin A.N., Lysanov I.Ju., Romanov N.V. [Developing a video-insertion designation strategy in a multimedia information stream of the functioning monitoring process of the machines with a remote numeric control]. *Fundamental'nye i prikladnye problemy tehniki i tehnologii – Fundamental and applied problems of engineering and technology*. 2013. vol. 4. pp. 37–44. (In Russ.).
13. Taha Hjemdi A. *Vvedenie v issledovanie operacija* [Introduction into operation research]. Moscow: Izdatel'skij dom "Vil'jams". 2001. 915 p.
14. Arora S., Hazan E., Kale S. The multiplicative weights update method: A meta-algorithm and applications. *Theory OF Computing*. 2012. pp. 121–164.
15. Kormen T., Lejzerson Ch., Rivest R., Shtajn K. *Algoritmy: postroenie i analiz. 3-e izdanie* [Algorithms: design and analysis. 3rd Edition]. Moscow: "Vil'jams". 2013. 1323 p.
16. Shapiro L.G., Stockman G.C. *Computer Vision*. New Jersey. Prentice-Hall. 2001. 608 p.
17. Dzung L. Pham, Chenyang Xu and Jerry L. Current Methods in Medical Image Segmentation. *Annual Review of Biomedical Engineering*. 2000. vol. 2. pp. 315–337.
18. Grady L. Random Walks for Image Segmentation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2006. vol. 28. no. 11. pp. 1768–1783.
19. FantaMorph Deluxe 5.4.6, CrazyTalk Pro 7.32.3114.1, CrazyTalk 7.3.2215.1 Pro Retail + Custom Content Packs + Portable, Portable Morpheus Photo Animation Suite 3.17 Build 4188.0 Industrial, Morpheus Photo Animation Suite 3.17 Build 4188.0 Industrial + Rus. Available at: www.cwer.ws/tag (soft:) (accessed 15.02.2015). (In Russ.).

Орешин Андрей Николаевич — к-т техн. наук, доцент, сотрудник, Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации. Область научных интересов: теория информации, теория графов, теория массового обслуживания, теория вероятностей, теория принятия решений, применение методов математического и имитационного моделирования в телекоммуникациях. Число научных публикаций — 57. strongnuts@mail.ru; Приборостроительная, 35, Орел, 302034; р.т.: +7(4862)549500.

Oreshin Andrey Nikolaevich — Ph.D., associate professor, researcher, The Academy of Federal Security Guard Service of the Russian Federation. Research interests: information theory, graph theory, a waiting-line theory, theory of chances, decision principle, methods of mathematic and imitational modeling application in telecommunication. The number of publications — 57. strongnuts@mail.ru; 35, Priborostroitel'naya Street, Orel, 302034, Russia; office phone: +7(4862)549500.

Сантов Игорь Акрамович — д-р техн. наук, профессор, сотрудник, Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации. Область научных интересов: оптическая связь, транспортные сети связи. Число научных публикаций — 160. Akramovich@mail.ru; ул. Приборостроительная, 35, Орел, 302034, РФ; р.т.: +7(4862)549801.

Saitov Igor' Akramovich — Ph.D., Dr. Sci., professor, researcher, The Academy of Federal Security Guard Service of the Russian Federation. Research interests: optical communication, transport communication networks. The number of publications — 160. Akramovich@mail.ru; 35, Priborostroitel'naya Street, Orel, 302034, Russia; office phone: +7(4862)549801.

Орешин Николай Алексеевич — к-т техн. наук, профессор, сотрудник, Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации. Область научных интересов: теория вероятностей, теория графов, теория массового обслуживания, теория принятия решений, применение методов математического моделирования в телекоммуникациях. Число научных публикаций — 65. strongnuts2505@mail.ru; Приборостроительная, 35, Орел, 302034; р.т.: +7(4862)549500.

Oreshin Alekseevich Nikolay — Ph.D., professor, researcher, The Academy of Federal Security Guard Service of the Russian Federation. Research interests: information theory, graph theory, a waiting-line theory, theory of chances, decision principle, methods of mathematic and imitational modeling application in telecommunication. The number of publications — 65. strongnuts2505@mail.ru; 35, Priborostroitel'naya Street, Orel, 302034, Russia; office phone: +7(4862)549500.

РЕФЕРАТ

Орешин А.Н., Саитов И.А., Орешин Н.А. Стратегия повышения качества услуг видеосвязи на основе фильтрации видеопотока, содержащего кадры-вставки с информационным шумом.

Целенаправленное изменение структуры и свойств видеопотока, с учетом физиологически обусловленных особенностей зрительного анализатора человека, позволяет оказывать скрытые различного рода воздействия на его психофизиологическое состояние, убеждения и поведение. Примером такого воздействия являются кадры видеопотока с информационным шумом, проявляющиеся в виде контрастных изменений цвета фона, интенсивных колебаний яркости в области биоэффективных частот или диспаратных вставок. Довольно часто эти воздействия носят дестабилизирующий характер или направлены на смещение визуального акцента в сторону шума, вынуждая пользователей пропустить полезную информацию в видеопотоке.

На основе проведенных исследований свойств изображений, в работе предлагаются модель информационного шума в видеопотоке и его особенности, а также алгоритм идентификации кадров, содержащих дополнительную информацию, при определенных ограничениях.

В представленном подходе описывается методика идентификации кадров с информационным шумом на основе оценки интегральной яркости изображений кадров, корреляционного анализа гистограмм и сравнения коэффициентов полиномов их аппроксимирующих.

Совместное применение методики идентификации кадров видеопотока с информационным шумом и технологий, обеспечивающих плавную трансформацию одного изображения в другое в пространстве близко размещенных кадров, способствует повышению качества предоставляемых услуг видеосвязи, защищая пользователя от различных негативных воздействий.

SUMMARY

Oreshin A.N., Saitov I.A., Oreshin N.A. **Strategy of the Video Communication Services Quality Enhancement Based on the Filtration of a Video Stream Containing Snap-Insertions with Information Noise.**

The task-oriented change in the structure and qualities of a video stream with an account of physiologically predetermined qualities of the human visual analyzer helps to exert various kinds of concealed influence on his psychophysiological state, beliefs and behavior. An example of such effect is video-stream snaps containing information noise which reveals itself through a contrast change in the background color, intensive brightness fluctuation in the field of bioeffective frequencies or disparate insertions. Quite often these influences possess a destabilizing character or are aimed at the visual emphasis shift towards the noise forcing users to overlook useful information in the video stream.

Based on the carried research of the image qualities the paper offers a model of information noise in a video stream and its peculiarities and, moreover, an identification algorithms of the snaps containing additional information with specified restrictions.

In the approach under consideration an identification procedure for the snapshots with information noise based on the integral brightness snaps image, histograms correlative analysis and comparison of polynomials indexes and their approximates is described.

A combined application of the identification procedure for the snapshots in the video stream with information noise and technologies providing facile transformation of one image into another in the space of closely placed snapshots supports the presented video communication services quality enhancement protecting users from various negative effects.