

УДК 621.327:681.5

Ю.В. СТАСЕВ¹, Н.Ф. СИДОРЕНКО², Д.Н. КАЛАШНИК¹¹Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Украина²ГНПП "Коммунар" НТ СКБ "Полисвіт", Харьков, Украина

МЕТОД КОДИРОВАНИЯ МАССИВОВ ДЛИН АПЕРТУР В ЦВЕТОРАЗНОСТНОМ ДВУХИЗОФОТНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Обосновано, что эффективность решения задач управления зависит от оперативности доведения видеоинформации. Показано, что существующие технические характеристики телекоммуникационных технологий не обеспечивают необходимого времени доведения информации. Обосновано, что повышение оперативности доведения информации возможно за счет совершенствования методов сжатия с выявлением апертурных характеристик. На основе физических особенностей массивов длин и цветовых координат апертур доказана возможность дополнительного повышения степени сжатия изображений за счет двухизофотного апертурного кодирования. Разработан метод сжатия изображений на основе двухизофотного апертурного представления.

Ключевые слова двухизофотное апертурное сжатие, сокращение избыточности.

Введение

Постановка проблемы и анализ литературы. Особенности функционирования современных информационных систем характеризуются [1]: быстротечностью смены текущей обстановки; расширением географических масштабов организационно-производственных процессов; повышением требований относительно оперативности доставки информации; расширением возможностей вычислительных систем. Важным направлением исследований является совершенствование информационного обеспечения систем управления в плане организации своевременности и безошибочности решения задач. Главными факторами являются [1 – 3]:

1. Оперативность доведения данных, распоряжений, подтверждений о получении информации. В зависимости от степени важности решаемых задач, а также исходя из психофизических особенностей восприятия и анализа информации лицом, принимающим решение (ЛПР), время получения информации должно изменяться в пределах от нескольких секунд до нескольких десятков секунд. Поэтому ключевой составляющей процесса доставки данных являются телекоммуникационные системы. Основная функция, возлагаемая на телекоммуникационные технологии, заключается в обеспечении возможности оперативного приёма и передачи информации. В общем случае оценка минимального времени обработки и передачи данных проводится по формулам:

$$T(W)_д = T(W)_{обр} + T(W)_{пер}; \quad (1)$$

$$T_{обр} = W/U_б; \quad T_{пер} = W/U_к,$$

где $T_д$, $T_{обр}$, $T_{пер}$ – время, затрачиваемое соответственно на обработку и передачу информации объемом W бит по телекоммуникационным системам; $U_б$ – количество операций, выполняемых вычислительной системой в единицу времени; $U_к$ – скорость передачи данных по каналу связи.

Функция систем связи на разных этапах процесса управления может подразделяться на ряд **частных** вариантов:

– для вышестоящих органов управления стоит задача: быстрого получения необходимой достоверной информации и передачи указаний на нижестоящие уровни; обеспечения оперативного управления работой различных подразделений с любого местоположения;

– для нижестоящих подразделений стоит задача организовать быстрый запрос и получение в ответ на него необходимой информации для принятия решения о своих дальнейших действиях;

– для нескольких подразделений при проведении совместных мероприятий на значительном удалении друг от друга стоит задача координации своих действий путём быстрой передачи необходимой для подразделений всей группы информации;

– экстренного информирования вышестоящие органы управления об изменении текущей обстановки;

– для приоритетных абонентов необходимо осуществлять обмен информацией с абонентами других уровней управления.

Решение данных задач необходимо организовать на основе интегрирования технических средств радиосвязи, спутниковой навигации и телекоммуникационных систем (ТС) различного уровня в единую систему доведения информации, обеспечивающую эффективное управление. К одним из основных технических характеристик информационно-телекоммуникационных систем, влияющих на своевременность доведения информации, относятся быстрдействие выполнения машинных операций и скорость передачи данных по каналам связи.

2. Достоверность, наглядность и полнота получаемой информации. Данное требование приводит к:

- необходимости расширения видеoinформационного взаимодействия. Это обусловлено тем, что изображения являются наиболее информативными, до 80% от всей получаемой информации человеку поступает в виде изображений. Видеoinформационное взаимодействие приводит к повышению степени информативности лиц, принимающих решение, а следовательно, и к снижению вероятности ошибок в принятии решений. Использование видеoinформационного взаимодействия в процессе управления проявляется в увеличении количества видеодатчиков, собирающих информацию о текущей обстановке, о стационарных и подвижных объектах управления и контроля;

- повышению количества элементов, используемых для описания объектов контроля и управления, что приводит к росту размеров кадров изображения и к увеличению глубины оцифровки;

- организации обработки и передачи данных без внесения погрешности.

Выполнение данных требований связано с увеличением объемов обрабатываемых и передаваемых в телекоммуникационных системах изображений до порядка 10^3 Гбит. Минимальное время обработки и передачи информации, рассчитанное по формуле (1), достигает нескольких десятков минут. Это приводит к устареванию получаемой информации, принятию запоздалых и ошибочных решений. Все это снижает эффективность выполнения задач.

Отсюда *цель исследований* заключается в обеспечении сокращения времени доставки видеoinформации с заданным уровнем достоверности.

Обоснование возможности повышения оперативности доведения данных на основе их компактного представления

В соответствии с выражением (1) на время доведения данных по ТС влияют скорость передачи данных по каналу связи и объемы передаваемых видеоданных. Отсюда следует, что повышение опе-

ративности доведения информации возможно на основе:

1) увеличения количества каналов связи или использования скоростных систем связи (систем связи на основе волоконно-оптических линий или спутниковых систем связи). Однако, данное направление повышения оперативности имеет следующие недостатки: обеспечивается снижение только времени передачи данных; требуется выделение дополнительных финансовых затрат, что в условиях ограниченного бюджета малопримемлемо;

2) внедрения информационно-вычислительных систем, имеющих высокое быстрдействие. Данное направление характеризуется такими недостатками: снижает только время обработки данных и не влияет на время их передачи по каналам связи; требует дополнительных финансовых затрат;

3) уменьшения объемов обрабатываемых и передаваемых данных. В этом случае снижается и время передачи данных по каналам связи и время обработки данных в информационно-вычислительных системах. Для этого необходимо осуществлять компактное представление видеоданных. Поскольку на сжатие и восстановление видеоданных требуется затрачивать дополнительное количество операций, то показателями качества функционирования подсистемы сжатия являются:

– коэффициент сжатия видеоданных $k_{сж}$:

$$k_{сж} = W / W_{сж} ; \quad (2)$$

– время на сжатие $T_{сж}$ и на восстановление

$T_{в}$ видеоданных:

$$T_{сж} = v(V)_{сж} / U_{б} ; \quad T_{в} = v(V)_{в} / U_{б} , \quad (3)$$

где $W_{сж}$ – объем сжатого изображения; $v(W)_{сж}$ – количество операций, отводимое на сжатие и восстановление изображений, содержащих V элементов.

С учетом выражений (2) и (3) формула (1) примет вид:

$$T(W_{сж})_{д} = T(W_{сж})_{обр} + T(W_{сж})_{пер} + T_{сж} + T_{в} = \\ = T(W_{сж})_{обр} + W_{сж} / U_{к} + v(V)_{сж} / U_{б} + v(V)_{в} / U_{б} , \quad (4)$$

где $T(W_{сж})_{д}$ – время доведения по ТС сжатых видеоданных.

Из сравнительного анализа выражений (1) и (2) следует, что за счет сжатия данных, с одной стороны, снижается время на их обработку и передачу в ТС, но с другой стороны, затрачивается дополнительное время на сжатие и восстановление.

Поэтому выигрыш от системы сжатия будет обеспечен в том случае, когда выполняется неравенство

$$T(W_{сж})_{д} < T(W)_{д} , \quad (5)$$

т.е. когда время доведения после сжатия будет меньше времени доведения до сжатия.

Отсюда вытекают общие требования к методам сжатия видеоданных с контролируемой потерей качества, состоящие в том, что для заданных технических характеристик телекоммуникационных технологий необходимо обеспечить наибольшую степень сжатия в условиях, когда временные затраты на сжатие и восстановление будут относительно незначительными. Количество операций на сжатие и восстановление будет таким, когда еще обеспечивается выполнение неравенства (5). Исходя из данного подхода, из двух методов сжатия без потери качества предпочтительным будет тот метод, который обеспечивает минимальное время доведения $T(W_{сж})_д$.

Выполнение требования, заданного неравенством (5), выполняется для методов сжатия с контролируемой потерей качества [2 – 4]:

- методов статистического кодирования (арифметического кодирования, адаптивного кода Хаффмена-Галлагера);
- методов структурного кодирования (LZW, методов с выявлением длин серий);
- методов сжатия реализованных в формате lossless JPEG.

Однако, для данных методов характерны либо низкие степени сжатия, либо большое время на сжатие и восстановление. Это приводит к тому, что они не обеспечивают доведения информации в заданные временные сроки. Значит необходимо совершенствовать существующие методы сжатия. Одним из направлений совершенствования является дальнейшее развитие методов сжатия с выявлением апертурных характеристик [5, 6]. Это обусловлено тем, что в процессе обработки затрачивается относительно небольшое количество операций; сжатие достигается за счет устранения статистической и структурной избыточности, что создает потенциальные возможности для дополнительного повышения степени сжатия.

Таким образом, **научно-прикладная задача** состоит в разработке методов сжатия с выявлением апертурных характеристик для повышения оперативности доведения видеоданных в информационных системах.

Разработка двухизотопного апертурного кодирования

Выявление апертурных характеристик изображений проводится на основе оператора Φ_a для $i = \overline{1, Z_{стр}}$, $j = \overline{1, Z_{стб}}$, заданного следующими выра-

жениями: если $h(\min)_{\alpha\beta} \leq a_{ij} \leq h(\max)_{\alpha\beta}$, то $a_{ij} \in h_{\alpha\beta}$ и $\ell_{\alpha\beta} = \ell_{\alpha\beta} + 1$; если $h(\min)_{\alpha\beta} \geq a_{ij}$ или $a_{ij} \leq h(\max)_{\alpha\beta}$, то $a_{ij} \notin h_{\alpha\beta}$. Тогда формируется новая аппретура. Для неравенства $\beta+1 \leq n_a$ массив апертур продолжает заполняться по текущей строке $\ell_{\alpha, \beta+1} = 1$. Для соотношения $\beta+1 > n_a$ и $\alpha+1 \leq m_a$ массив апертур начинает заполняться по новой строке $\ell_{\alpha+1, \beta} = 1$. В противном случае, для $\beta+1 > n_a$ и $\alpha+1 > m_a$ текущий массив будет полностью сформирован. В этом случае на выходе будут получены два массива структурных характеристик апертур изображений q . Где a_{ij} – ij -й элемент изображения; $h(\min)_{\alpha\beta}, h(\max)_{\alpha\beta}$ – соответственно минимальное и максимальное значение $\alpha\beta$ -й апертур изображения; $h_{\alpha\beta}$ – цветовая координата $\alpha\beta$ -й апертур изображения; $\ell_{\alpha\beta}$ – длина $\alpha\beta$ -й апертур изображения; m_a, n_a – соответственно количество строк и столбцов в массиве апертурных характеристик, $\alpha = \overline{1, m_a}$ и $\beta = \overline{1, n_a}$; H, L – массивы соответственно цветовых координат $H = \{h_{\alpha\beta}\}_{\alpha = \overline{1, m_a}, \beta = \overline{1, n_a}}$ и длин серий $L = \{\ell_{\alpha\beta}\}_{\alpha = \overline{1, m_a}, \beta = \overline{1, n_a}}$ апертур изображений.

Рассмотрим структурные особенности массивов апертурных характеристик. Массивы цветовых координат реалистических изображений различных классов кроме когерентности могут характеризоваться наличием резкого перепада, например, содержанием мелкого объекта или контура, а также могут содержать области всплесков (резкого изменения значений для отдельных элементов). В этом случае увеличивается рабочий диапазон изменения значений элементов массивов цветовых координат, что приводит к увеличению количества разрядов на представление апертурных кодов и к снижению степени сжатия изображений. Для снижения влияния анизотропных фрагментов изображения на степень сжатия предлагается организовывать двух уровневое диапазонное кодирование. На первом диапазонном уровне (нижняя изотопная область) проводится отбор элементов, имеющих ограниченный динамический диапазон. На втором диапазонном уровне (верхняя изотопная область) обрабатываются элементы массивов цветовых координат с наибольшим динамическим диапазоном. В этом случае для верхней изотопной области будет характерно когерентность и большой динамический диапазон. Следовательно, повысится степень сжатия таких областей за

счет уменьшения исходного динамического диапазона на минимальное значение. Для областей нижней изофоты степень сжатия будет обеспечиваться за счет минимальных исходных динамических диапазонов. Кроме того, для апертурного кодирования не требуется информации о минимальном динамическом диапазоне. Поэтому за счет снижения количества элементов, принадлежащих верхней изофотной области, по сравнению с количеством элементов в исходном массиве цветовых координат обеспечивается снижение количества разрядов на представление служебной информации о нижнем уровне динамического диапазона. Массивы длин апертур также характеризуются нестационарностью распределения значений динамических диапазонов, что обусловлено сильной насыщенностью мелкими деталями областей фотореалистических изображений; различной степенью когерентности областей средненасыщенных реалистических изображений. Следовательно, значения длин апертур также подчиняются двухизофотной модели распределения динамических диапазонов.

При этом для повышения степени сжатия требуется, чтобы

– величина порога вычислялась без дополнительного введения служебной информации;

– полученные в результате разбиения области наиболее адекватно отражали бы характер ограниченности динамического диапазона и его когерентности.

Для этого предлагается определять величины порогов $K(h)_{\text{пор}}$ и $K(\ell)_{\text{пор}}$ из расчета разделения динамического диапазона исходного массива цветовых координат и массива длин апертур на два равных диапазонных уровня. В этом случае в начале вычисляются значения половины между максимальным $d(\ell)_{\text{max}}$ и минимальным $d(\ell)_{\text{min}}$ значениями динамического диапазона массива длин апертур и соответственно между максимальным $d(h)_{\text{max}}$ и минимальным $d(h)_{\text{min}}$ значениями динамических диапазонов массива цветовых координат длин апертур:

$$\begin{aligned} & (d(\ell)_{\text{max}} + d(\ell)_{\text{min}})/2 \text{ и } (d(h)_{\text{max}} + d(h)_{\text{min}})/2, \\ & d(\ell)_{\text{max}} = \max_{1 \leq \alpha \leq m_a} \{d(\ell)_{\alpha}\}, \quad d(\ell)_{\text{min}} = \min_{1 \leq \alpha \leq m_a} \{d(\ell)_{\alpha}\}; \\ & d(h)_{\text{max}} = \max_{1 \leq \alpha \leq m_a} \{d(h)_{\alpha}\}, \quad d(h)_{\text{min}} = \min_{1 \leq \alpha \leq m_a} \{d(h)_{\alpha}\}. \end{aligned}$$

Тогда значения порогов вычисляются как средние уровни в полигоне динамических диапазонов для массива цветовых координат и массива длин апертур:

$$K(h)_{\text{пор}} = (d(h)_{\text{max}} + d(h)_{\text{min}})/2; \quad (6)$$

$$K(\ell)_{\text{пор}} = (d(\ell)_{\text{max}} + d(\ell)_{\text{min}})/2. \quad (7)$$

На основе полученного порога, правило разбиения исходного массива цветовых координат и массива длин апертур на две области нижнего диапазонного уровня и верхнего диапазонного уровня имеет вид:

– если выполняются неравенства:

$$d(h)_{\alpha} \leq K(h)_{\text{пор}} \text{ и } d(\ell)_{\alpha} \leq K(\ell)_{\text{пор}}, \quad (8)$$

то элементы $h_{\alpha\beta}$ и $\ell_{\alpha\beta}$ относятся к области ограниченного диапазона (нижняя изофота) $h_{\alpha\beta}^{(1)} = h_{\alpha\beta}$ и

$$\ell_{\alpha\beta}^{(1)} = \ell_{\alpha\beta};$$

– в противном случае, когда

$$d(h)_{\alpha} > K(h)_{\text{пор}} \text{ и } d(\ell)_{\alpha} > K(\ell)_{\text{пор}}, \quad (9)$$

тогда соответствующие элементы $h_{\alpha\beta}$ и $\ell_{\alpha\beta}$ являются компонентами области высоких диапазонов (верхняя изофота) $h_{\alpha\beta}^{(2)} = h_{\alpha\beta}$ и $\ell_{\alpha\beta}^{(2)} = \ell_{\alpha\beta}$.

Выражения (6), (7) для вычисления величин $K(h)_{\text{пор}}$ и $K(\ell)_{\text{пор}}$ не требуют введения дополнительной служебной информации и больших вычислительных затрат. Значит, процесс разбиения не повлияет на увеличение сложности обработки изображений.

Коды $N(\ell)_{\beta}^{(1)}$ и $N(h)_{\beta}^{(1)}$ нижних изофотных уровней, соответствующих массиву длин и массиву цветовых координат, вычисляются по формулам:

$$N(\ell)_{\beta}^{(1)} = \sum_{\xi=1}^{m_a} \ell_{\xi\beta}^{(1)} \left(\prod_{\alpha=\xi+1}^{m_a} d(\ell)_{\alpha} \right); \quad (10)$$

$$N(h)_{\beta}^{(1)} = \sum_{\xi=1}^{m_a} h_{\xi\beta}^{(1)} \left(\prod_{\alpha=\xi+1}^{m_a} d(h)_{\alpha} \right). \quad (11)$$

Поскольку обрабатываемые величины $h_{\alpha\beta}^{(1)}$ и $\ell_{\alpha\beta}^{(1)}$, принадлежащие нижнему изофотному уровню, имеют меньший динамический диапазон, то их весовые коэффициенты будут меньше, чем весовые коэффициенты исходных элементов $h_{\alpha\beta}$ и $\ell_{\alpha\beta}$. Тогда будут выполняться неравенства:

$$N(\ell)_{\beta}^{(1)} \leq N(\ell)_{\beta}; \quad N(h)_{\beta}^{(1)} \leq N(h)_{\beta}. \quad (12)$$

В соответствии с выражениями (7) количество разрядов, отводимые на представления кодовых номеров $\log_2 N(\ell)_{\beta}^{(1)}$ и $\log_2 N(h)_{\beta}^{(1)}$ элементов нижних изофотных уровней будет меньшим по сравнению с количеством разрядов, необходимым для представления кодовых номеров $\log_2 N(\ell)_{\beta}$ и

$\log_2 N(h)_\beta$ исходных элементов апертурных характеристик:

$$\log_2 N(\ell)_\beta^{(1)} \leq \log_2 N(\ell)_\beta; \log_2 N(h)_\beta^{(1)} \leq \log_2 N(h)_\beta. \quad (13)$$

Коды $N(\ell)_\beta^{(2)}$ и $N(h)_\beta^{(2)}$ верхнего изофотного

уровня соответствующего массиву длин и массиву цветовых координат вычисляются по формулам:

$$N(\ell)_\beta^{(2)} = \sum_{\xi=1}^{m_a} \Delta \ell_{\xi\beta}^{(2)} \left(\prod_{\alpha=\xi+1}^{m_a} s(\ell)_\alpha \right); \quad (14)$$

$$N(h)_\beta^{(2)} = \sum_{\xi=1}^{m_a} \Delta h_{\xi\beta}^{(2)} \left(\prod_{\alpha=\xi+1}^{m_a} s(h)_\alpha \right), \quad (15)$$

где $s(\ell)_\alpha$ – диапазон значений длин апертур второго изофотного уровня после уменьшения исходного динамического диапазона:

$$s(\ell)_\alpha = d(\ell)_\alpha - \mu(\ell);$$

$$\mu(\ell) = \min_{1 \leq \alpha \leq m_a; 1 \leq \beta \leq n_a} \{\ell_{\alpha\beta}^{(2)}\}, \alpha = \overline{1, m_a}; \beta = \overline{1, n_a},$$

$$\mu(\ell) \leq \ell_{\alpha\beta}^{(2)} < d(\ell)_\alpha; \quad (16)$$

$s(h)_\alpha$ – диапазон значений цветовых координат длин апертур второго изофотного уровня после уменьшения исходного динамического диапазона:

$$s(h)_\alpha = d(h)_\alpha - \mu(h);$$

$$\mu(h) = \min_{1 \leq \alpha \leq m_a; 1 \leq \beta \leq n_a} \{h_{\alpha\beta}^{(2)}\}, \alpha = \overline{1, m_a}; \beta = \overline{1, n_a},$$

$$\mu(h) \leq h_{\alpha\beta}^{(2)} < d(h)_\alpha; \quad (17)$$

$\Delta \ell_{\alpha\beta}^{(2)}$ и $\Delta h_{\alpha\beta}^{(2)}$ – значения элементов массивов

длин и цветовых координат длин апертур после понижения динамического диапазона на минимальное значение:

$$\Delta \ell_{\alpha\beta}^{(2)} = \ell_{\alpha\beta}^{(2)} - \mu(\ell); \Delta h_{\alpha\beta}^{(2)} = h_{\alpha\beta}^{(2)} - \mu(h); \quad (18)$$

$\mu(\ell)$ и $\mu(h)$ – минимальные значения соответственно в массиве длин и цветовых координат длин апертур изображений.

В виду того, что обрабатываемые величины $\Delta \ell_{\alpha\beta}^{(2)}$ и $\Delta h_{\alpha\beta}^{(2)}$ принадлежат верхнему изофотному уровню, то они имеют меньший динамический диапазон, а весовые коэффициенты будут меньше, чем весовые коэффициенты исходных элементов $\ell_{\alpha\beta}$ и $h_{\alpha\beta}$. Значит, будут выполняться неравенства:

$$N(\ell)_\beta^{(2)} \leq N(\ell)_\beta; \quad N(h)_\beta^{(2)} \leq N(h)_\beta. \quad (19)$$

Согласно формулам (14) количество разрядов, отводимые на представления кодов-номеров $\log_2 N(\ell)_\beta^{(2)}$ и $\log_2 N(h)_\beta^{(2)}$ элементов верхних изо-

фотных уровней будет меньшим по сравнению с количеством разрядов, необходимым для представления кодов-номеров $\log_2 N(\ell)_\beta$ и $\log_2 N(h)_\beta$ исходных элементов апертурных характеристик:

$$\log_2 N(\ell)_\beta^{(2)} \leq \log_2 N(\ell)_\beta; \log_2 N(h)_\beta^{(2)} \leq \log_2 N(h)_\beta. \quad (20)$$

Кроме того, дополнительным условием, усиливающим выполнение неравенств (17) и (20), является то, что в результате разделения элементов массивов апертурных характеристик на два изофотных уровня осуществляется повышение степени неравномерности распределения динамических диапазонов для каждого изофотного уровня.

Физические особенности апертурного представления изображений диктуют свои требования к методам кодирования с целью повышения степени сжатия. Эти требования состоят в следующем:

1. Требуется обеспечить сжатие массивов длин апертур с контролируемой погрешностью. Это требование обусловлено тем, что длины апертур образуются для некоторой области изображения и поэтому они частично описывают структуру и форму объектов изображения. Эти характеристики являются основными для правильной идентификации изображений.

2. Необходимо учитывать динамику изменения структурного содержания изображения. Такое требование объясняется тем, что объем сжатого изображения определяется суммарным количеством разрядов на представление массивов длин и массивов цветовых координат длин апертур. При этом с ростом количества длин апертур увеличивается количество цветовых координат. В этом случае для обеспечения сжатия изображения требуется увеличить степень сжатия массивов длин апертур.

Первое требование выполняется, поскольку двухизофотное кодирование в процессе сжатия изображений не вносит погрешностей (кроме контролируемых погрешностей, связанных с выявлением апертурной характеристики фрагмента изображения).

Выполнение второго требования следует из обратно пропорциональной зависимости между средней длиной апертуры $\bar{\ell}$ и количеством цветовых координат апертур $v(h)$ в кадре изображения

$$v(h) \approx 1/\bar{\ell}; \quad (21)$$

где $\bar{\ell}$ – средняя длина апертуры изображения, равная

$$\bar{\ell} = \left(\sum_{\alpha=1}^{m_a} \ell_{\alpha\beta} \right) / m_a. \quad (22)$$

Из характера зависимости между величинами $v(h)$ и $\bar{\ell}$, заданной выражением (16), следует, что

увеличение количества цветовых координат вызвано в основном снижением длины апертуры. Поэтому увеличение количества разрядов, затрачиваемых на представление цветовых координат, компенсируется снижением количества разрядов, отводимым на представление длин апертур из-за понижения их динамического диапазона. Кроме того, в случае двухизофотного апертурного представления дополнительное повышение степени сжатия массивов цветовых координат достигается в результате раздельной обработки цветовых координат, принадлежащих различным уровням динамических диапазонов. С уменьшением количества цветовых координат дополнительное повышение степени сжатия изображения будет достигнуто даже при незначительной компрессии массивов длин апертур. Причем выполнение этого требования позволит реализовать процесс сжатия в условиях отсутствия априорной информации об изображениях.

Для реалистических изображений значение кода длин апертур уменьшается по мере увеличения степени насыщенности. Для искусственных изображений значение кода-номера дополнительно зависит от возможности сокращения динамического диапазона. При обработке массивов цветовых координат значение кода-номера в независимости от степени насыщенности изображений зависит в основном от динамического диапазона обрабатываемых данных. Поэтому двухизофотное представление обеспечит увеличение потенциальных возможностей для увеличения степени сжатия изображений.

Значит, в сумме двухизофотные апертурные коды длин и цветовых координат количественно характеризует степень насыщенности областей изображения мелкими деталями (степени изрезанности области, закрасенной одним цветом, контурами). Поэтому в результате двухизофотного апертурного представления изображений сокращается структурная избыточность, обусловленная, с одной стороны, когерентностью и размерами областей окрашенных одним цветом, а с другой стороны, обусловленная двухуровневой тенденцией динамических диапазонов сильнонасыщенных реалистических изображений.

Выводы

1. Обосновано, что эффективность решения задач управления зависит от оперативности доведения видеоинформации. Показано, что существующие технические характеристики телекоммуникационных технологий не обеспечивают необходимого времени доведения информации. Обосновано, что повышение оперативности доведения информации возможно за счет совершенствования методов сжатия с выявлением апертурных характеристик.

2. На основе физических особенностей массивов длин и цветовых координат апертур доказана возможность дополнительного повышения степени сжатия изображений за счет двухизофотного апертурного кодирования.

3. Обосновано, что в результате двухизофотного апертурного кодирования сокращается структурная избыточность, обусловленная, с одной стороны, когерентностью и размерами областей, окрашенных одним цветом, а с другой стороны, обусловленная двухуровневой тенденцией динамических диапазонов сильнонасыщенных реалистических изображений.

4. Показано, что для повышения степени сжатия массивов апертурных характеристик необходимо организовывать обработку на двух уровнях динамических диапазонов.

5. Разработан метод сжатия изображений на основе двухизофотного апертурного представления. Данный метод обеспечивает сжатие изображений с контролируемой потерей качества на основе сокращения: структурной избыточности, обусловленной наличием в изображениях областей со слабым изменением цвета и структурных свойств; статистической избыточности за счет выявления закономерностей, вызванных коррелируемостью изображений; структурной избыточностью, обусловленной неравномерностью распределения динамических диапазонов массивов апертурных характеристик.

Литература

1. Уолрэнд Дж. Телекоммуникационные и компьютерные сети / Дж. Уолрэнд. – М.: Постмаркет, 2001. – 480 с.
2. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Том 1, 2 / У. Прэтт. – М.: Мир, 1985. – 736 с.
3. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео / В.И. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин. – М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 2002. – 384 с.
4. Бондарев В.Н. Цифровая обработка сигналов: методы и средства / В.Н. Бондарев, Г. Трестер, В.С. Чернега. – Севастополь: СевГТУ, 1999. – 398 с.
5. Баранник В.В. Обоснование возможности компактного представления длин серий полиадическими кодами / В.В. Баранник, Н.А. Королева // Системы обработки информации. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 2001. – Вып. 4(14). – С. 72-77.
6. Поляков В.П. Информационная технология компрессирования цветоразностных изображений на основе выявления апертур / В.П. Поляков, Д.Н. Калашиник // Системы обработки информации. – Х.: ХУ ПС, 2009. – Вып. 1(19). – С. 34-40.

Поступила в редакцію 12.01.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф., декан факультета комп'ютерної інженерії і управління В.И. Хаханов, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна.

МЕТОД КОДУВАННЯ МАСИВІВ ДОВЖИН АПЕРТУР В КОЛЬОРОРАЗНОСТНОМУ ДВОХІЗОФОТНОМУ ПРОСТОРИ

Ю.В. Стасев, М.Ф. Сидоренко, Д.М. Калашник

Обґрунтовано, що ефективність вирішення завдань управління залежить від оперативності доведення відеоінформації. Показано, що існуючі технічні характеристики телекомунікаційних технологій не забезпечують необхідного часу доведення інформації. Обґрунтовано, що підвищення оперативності доведення інформації можливо за рахунок вдосконалення методів стиску з виявленням апертурних характеристик. На основі фізичних особливостей масивів довжин і колірних координат апертур доведена можливість додаткового підвищення ступеня стискування зображень за рахунок двохізофотного апертурного кодування. Розроблений метод компресії зображень на основі двохізофотного апертурного представлення.

Ключові слова: двохізофотне апертурне стискування, скорочення надмірності.

METHOD OF ENCODING OF ARRAYS OF LENGTHS OF APERTURES IS IN COLOR-DIFFERENCE TWO ISOPHOTIC SPACE

Yu.V. Stasev, N.F. Sidorenko, D.N. Kalashnik

It is grounded, that efficiency of decision of management tasks depends on the operation ability of leading to of videoinformation. It is rosined that existent technical descriptions of telecommunication technologies do not provide necessary time of leading to of information. It is grounded, that increase of operation ability of leading to of information possibly due to perfection of methods of compression with an exposure aperture of descriptions. On the basis of physical features of arrays of lengths and colour coordinates of apertures possibility of additional increase of degree of compression of images is well-proven due to two isophotic aperture of encoding. The method of compression of images is developed on the basis of two isophotic aperture of presentation.

Key words: two izofota aperture compression, reduction of surplus.

Стасев Юрій Владимирович – д-р техн. наук, проф., заступник начальника університета по учебной работе, Харківський університет Воздушних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна.

Сидоренко Николай Федорович – канд. техн. наук, доцент, главный инженер ДНВП "Коммунар" – заступник начальника НТ СКБ "Полисвет", Харків, Україна.

Калашник Дмитро Миколайович – соискатель, Харківський університет Воздушних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна.